Д.Сарангэрэл, Н.Оюунцэцэг, Ш.Сайнбилэг,
Б.Мөнхжаргал, Ө.Батчимэг, Ч.Энхжаргал

ХИМИ
X

Ерөнхий боловсролын 12 жилийн сургуулийн
10 дугаар ангийн сурах бичиг

Боловсрол, Соёл, Шинжлэх Ухаан, Спортын Яамны
зөвшөөрлөөр хэвлэв.

Гурав дахь хэвлэл

Улаанбаатар хот
2023 он

ННА 74.2
ДАА 373
Х-362

Хими X: Ерөнхий боловсролын 12 жилийн сургуулийн 10 дугаар ангийн сурах бичиг (Сарангэрэл Д. ба бус; Ред. Даржаа Ц., -УБ, 2017.148х.)

Азийн Хөгжлийн Банкны “Эдийн засгийн хүндрэлийн үед боловсролын чанар, хүртээмжийг сайжруулах төсөл”-ийн хүрээнд хэвлүүлэв.

Сурах бичгийн талаарх аливаа санал, хүсэлтээ textbook@mecs.gov.mn хаягаар ирүүлнэ үү.

ISBN 978-99978-61-25-2

ГАРЧИГ

ХИМИЙН СУДАЛГААНЫ АРГА — I БҮЛЭГ

1.1 Бодисын тоо хэмжээ ба стехиометр 6
1.2 Бодисын цэвэршлийг үнэлэх арга 16
1.3 Давс гаргаж авах, цэвэрлэх арга 25
1.4 Ион ба хийг таних арга 34
Өөрийгөө үнэлээрэй 41

ХИМИЙН УРВАЛ — II БҮЛЭГ

2.1 Химийн урвалын хурд 43
2.2 Эргэх урвал ба химийн тэнцвэр 53
2.3 Цахилгаан хими 61
Өөрийгөө үнэлээрэй 72

ОРГАНИК БИШ БОДИС. ШИНЖ ЧАНАР — III БҮЛЭГ

3.1 Металл ба хайлш 76
3.2 Карбонат 87
3.3 Хүхэр 93
Өөрийгөө үнэлээрэй 99

ОРГАНИК БОДИС. ШИНЖ ЧАНАР — IV БҮЛЭГ

4.1 Шатамхай түлшний эх үүсвэр. Байгалийн хий 102
4.2 Газрын тос. Нүүрс 108
4.3 Нүүрсустөрөгч 115
4.4 Спирт. Биотүлш 123
4.5 Карбон хүчил 130
4.6 Макромолекулт нэгдэл 136
Өөрийгөө үнэлээрэй 145

ХАВСРАЛТ — ХАВСРАЛТ

Өөрийгөө үнэлээрэй хариу 147
Үелэх хүснэгт 148

СУРАХ БИЧИГ АШИГЛАХ ЗӨВЛӨМЖ

- Сурах бичгийн гарчиг болон номын ерөнхий бүтэцтэй танилцах
- Бүлэг сэдвийн дизайнтай танилцах
- Ажиллах хэсгийг хайж олох
- Холбогдох хэсгийн онолын мэдээллийг уншиж судлах, багшийн удирдамжийн дагуу бие даан болон багаар өгсөн дадлага ажил, туршилтыг гүйцэтгэх, жишээ дасгалыг ажиллах замаар шинээр мэдлэг, чадвар эзэмших
- Холбогдох хэсэгт өгсөн асуултад хариулах, дасгал ажиллах, бүлгийн эцэст буй өөрийгөө үнэлээрэй хэсгийн дасгалыг бие даан хийж, гүйцэтгэн өөрийн олж авсан мэдлэг, чадвараа бататгах

1. Бүлгийн нэр
2. Суралцахуйн үр дүн
3. Дэд бүлгийн гарчиг
4. Онолын мэдээлэл
5. Өөрийгөө үнэлээрэй
6. Түлхүүр үг
7. Сэдэв

Таних тэмдэг

- Дасгал
- Туршилт
- Жишээ дасгал
- Дадлага ажил
- Асуулт
- Дэд бүлгийн дүгнэлт

Түүхийн хуудаснаас

Тухайн сэдэвтэй холбоотой түүхэн баримт, нэмэлт мэдээлэл

Мэдэхэд илүүдэхгүй

Шинжлэх ухаан, технологи, ахуй амьдралтай холбоотой сонирхолтой мэдээлэл

Санамж

Анхаарвал зохих зүйлс, аюулгүй ажиллагааны зөвлөмж

БҮЛЭГ 1. ХИМИЙН СУДАЛГААНЫ АРГА

Энэ бүлгийг судалснаар сурагчид:

1.1. Бодисын тоо хэмжээ ба стехиометр

- ✓ Химийн урвалын стехиометрт үндэслэн эх, бүтээгдэхүүн бодисын тоо хэмжээ, масс, эзлэхүүнийг тооцож чаддаг,
- ✓ Тодорхой массын болон молийн концентрацтай уусмал бэлтгэдэг,

1.2. Бодисын цэвэршлийг үнэлэх арга

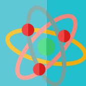
- ✓ Химийн нэгдлийн уусах чанар, наалдах чанарын ялгаанд үндэслэн цаасан хроматограммыг тайлдаг,
- ✓ Цаасан хроматограф, хайлах, буцлах цэгт үндэслэн бодисыг бохирдолтой эсэхийг тогтоож, химийн нэгдлийг таньдаг,

1.3. Давс гаргаж авах, цэвэрлэх арга

- ✓ Хүчил суурийн титрлэлтийн аргаар усанд уусдаг давс гарган авч цэвэрлэж чаддаг,
- ✓ Химийн урвалын бүтээгдэхүүний гарц болон цэвэршлийн зэргийг тооцож чаддаг,

1.4. Ион ба хийг таних арга

- ✓ Үүсгэх тунадасны өнгө, уусах чанар, нягт, харилцан үйлчлэх урвалын төрх зэрэг өвөрмөц шинжид нь үндэслэн органик биш бодист агуулагдах анион, катион, хийг ялган таньдаг болсон байна.

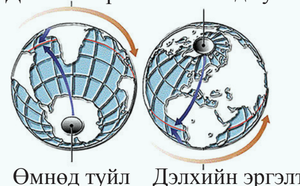


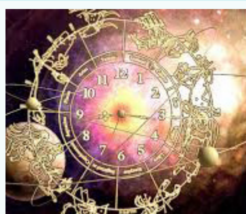
1.1. БОДИСЫН ТОО ХЭМЖЭЭ БА СТЕХИОМЕТР

Түлхүүр үг. Бодисын тоо хэмжээ, Моль, Авогадрогийн тогтмол, Молийн масс, Хийн молийн эзлэхүүн, Стехиометрийн харьцаа, Концентрац.

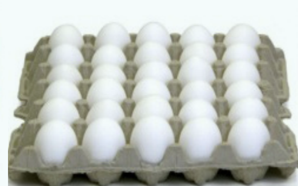
Моль

Улс орон бүр аливаа зүйлийг хэмжих, тооцохдоо олон төрлийн нэгж ашигласаар ирсэн байдаг. Тухайлбал: уртыг хэмжихдээ Монголчууд төө, дэлэм, алд зэрэг нэгжийг, Англичууд инч, фуут, яард зэрэг нэгжийг ашигладаг. Иймд тодорхой хэмжигдэхүүн бүрийн тогтсон стандарт нэгжийг тогтоох шаардлагатай. 1960 онд Олон Улсын Нэгжийн стандартад метр, килограмм, секунд, Кельвин, Ампер, моль, кандель гэсэн долоон нэгжийг суурь нэгж болгон оруулсан байдаг. Моль нь бодисын тоо хэмжээг хэмждэг нэгж. Химийн бодисын тоо хэмжээ гэж юу вэ? Химийн бодист агуулагдах жижиг хэсгийг хэрхэн тоолох вэ?





Дэлхий тэнхлэгээ нэг бүтэн эргэхэд зарцуулагдаж буй 24 цагийг 1 хоног, 60 минут тутмыг 1 цаг гэдэг.



Бараа бүтээгдэхүүн тухайлбал, 500 ширхэг бичгийн цаасыг 1 боодол, тахианы 30 ш өндгийг 1 сагс өндөг гэж багцалдаг.

Химичид бодисыг бүрдүүлдэг аливаа жижиг хэсэг (атом, ион, молекул)-ийг тоолохдоо байгальд тогтвортой орших 12 массын тоо бүхий нүүрстөрөгчийн изотоп (^{12}C)-ыг сонгон авсан. 0.012 кг ^{12}C изотоп нь $6.02{\cdot}10^{23}$ ширхэг нүүрстөрөгчийн атомаас тогтдог. $6.02{\cdot}10^{23}$ ширхэгтэй тэнцүү тооны жижиг хэсгийг **1 моль** гэж багцалж бодисын тоо хэмжээний нэгжийг тогтоосон. $6.02{\cdot}10^{23}$ тоог **Авогадрогийн тогтмол** гэх бөгөөд дараах байдлаар тэмдэглэдэг. $N_A = 6.02{\cdot}10^{23}$ моль$^{-1}$

Аливаа химийн бодист агуулагдах жижиг хэсгийн тоог моль нэгжээр илэрхийлсэн хэмжигдэхүүнийг **бодисын тоо хэмжээ** гэж нэрлэн ***n*** үсгээр тэмдэглэдэг.

Химийн бодисын тоо хэмжээ, Авогадрогийн тогтмол, жижиг хэсгийн тооны хамаарал дараах томьёогоор илэрхийлэгдэнэ: $N = n \cdot N_A$

n-бодисын тоо хэмжээ, моль, N_A-Авогадрогийн тогтмол, моль$^{-1}$, N-бодисын жижиг хэсгийн тоо

Жишээ дасгал

1. а) Хэдэн моль ус $9.03{\cdot}10^{23}$ ширхэг молекул агуулах вэ?
   б) 2.5 моль ус хэдэн ширхэг молекул агуулах вэ?
   в) 2.5 моль ус хэдэн ширхэг устөрөгчийн атом агуулах вэ?
   г) 2.5 моль ус хэдэн ширхэг хүчилтөрөгчийн атом агуулах вэ?

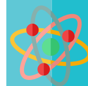
Бодолт

а) $N = n \cdot N_A$ тэгшитгэлээр усны молийг тооцоолно.

$$n = \frac{N}{N_A} = 9.03\cdot10^{23}\cdot\frac{1\ \text{моль}}{6.02\cdot10^{23}} = 1.5\ \text{моль}$$

б) $N = n \cdot N_A$ тэгшитгэлээр 2.5 моль усанд агуулагдах молекулын тоог тооцоолно.

$$N = n\cdot N_A = 2.5\,\text{моль}\cdot\frac{6.02\cdot10^{23}}{1\ \text{моль}} = 1.55\cdot10^{24}$$



в) Усны молекул (H_2O) бүр хоёр ширхэг устөрөгчийн атом агуулдаг.

$$N = n \cdot N_A = 2.5\ моль \cdot \frac{2 \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{1\ моль} = 3.01 \cdot 10^{24}$$

г) Усны молекул (H_2O) бүр нэг ширхэг хүчилтөрөгчийн атом агуулдаг.

$$N = n \cdot N_A = 2.5\,моль \cdot \frac{6.02 \cdot 10^{23}}{1\ моль} = 1.55 \cdot 10^{24}$$

Дадлага ажил

1. **$6.02 \cdot 10^{23}$ хэр их тоо вэ?** Хэрвээ химийн бодисыг бүрдүүлэгч жижиг хэсгийг витаминтай үрэл, товчин хадаас, цагаан эсвэл, шар будаагаар, дэлхийн бөмбөрцгийг жүрж, нимбэг гэх мэт жимсээр төлөөлүүлбэл нэг моль химийн бодист агуулагдах жижиг хэсэг дэлхийн гадаргууг хэдэн давхар үе үүсгэн бүрхэж болохыг тооцно уу. Дэлхийн бөмбөрцгийн гадаргуугийн талбай (510072000 км^2)-тай харьцуулж бүрэхэд шаардлагатай жижиг хэсгийн тоог олоорой.
2. **Бодисын тоо хэмжээ яагаад моль нэгжтэй вэ?** Нэг моль усанд агуулагдах молекулыг тоолоход 20 000 000 000 000 000 жил шаардагдана. Нэг моль усны масс 18 г, нягт 1 г·см$^{-3}$ байдаг. Сурагч Та нар нэг өдөрт хэрэглэдэг цэвэр усны эзлэхүүнийг баримжаалан тогтоож, ийм эзлэхүүнтэй усанд агуулагдах усны молекулыг тоолоход хэчнээн жил шаардагдахыг олоорой.

Дасгал

1. Атом, молекул, ион гэсэн үгээс тохирохыг сонгон нөхөж бичнэ үү.
   а) 2 моль ус $1.20 \cdot 10^{24}$ ш .... агуулна.
   б) 3 моль азот хий $1.81 \cdot 10^{24}$ ш .... агуулна.
   в) 0.5 моль калийн бромид $3.01 \cdot 10^{23}$ ш .... $3.01 \cdot 10^{23}$ ш .... агуулна.
   г) 1 моль зэс $6.02 \cdot 10^{23}$ ш .... агуулна.
2. Химийн бодис, түүнийг бүрдүүлэгч жижиг хэсгийг зураасаар холбон харгалзуулна уу.

Химийн бодис	Бүрдүүлэгч жижиг хэсэг
а) Зэс (Cu)	Атом
б) Хүчилтөрөгч (O_2)	
в) Устөрөгчийн хлорид (HCl)	Молекул
г) Калийн бромид (KBr)	
д) Аргон (Ar)	Ион

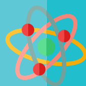
3. Өгсөн химийн бодис хэдэн моль болохыг тооцоолно уу.
   а) $6.02 \cdot 10^{22}$ ш атом агуулсан зэс
   б) $3.01 \cdot 10^{21}$ ш атом агуулсан хлор
   в) $1.51 \cdot 10^{23}$ ш натрийн ион агуулсан натрийн бромид
   г) $3.01 \cdot 10^{23}$ ш молекул агуулсан озон

Молийн масс

Химийн бодисыг бүрдүүлэгч $6.02 \cdot 10^{23}$ ширхэг жижиг хэсгийн массын нийлбэр буюу 1 моль химийн бодисын массыг **молийн масс** (***M***) гэнэ. Молийн массын нэгж нь г·моль$^{-1}$ болно. Химийн бодис нь ялгаатай масс бүхий атом, ион, молекул зэрэг жижиг хэсгээс бүрдэх тул молийн массаараа ялгаатай байдаг.

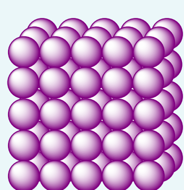
Бичгийн цаас нь 70 граммын, 80 граммын зэрэг ялгаатай масстай байдаг.

Химийн бодисын молийн масс нь харьцангуй атом масс (A_r) эсвэл, харьцангуй молекул масс (M_r)-тай адил утгатай байна. Жишээлбэл: байгальд тогтвортой орших

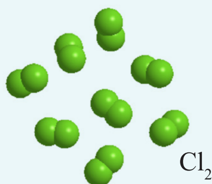


нүүрстөрөгчийн изотоп болох ^{12}C-ийн харьцангуй атом масс (A_r) нь 12 а.м.н. болно. Харин ^{12}C-ын үнэмлэхүй масс (A) $1.99\cdot10^{-26}$ кг юм. $6.02\cdot10^{23}$ ш атом (^{12}C)-ын масс 0.012 кг болно. Иймд 12 массын тоо бүхий нүүрстөрөгч (^{12}C)-ийн молийн масс нь 12 г · моль$^{-1}$. Үүнийг нэг атомын үнэмлэхүй массаас тооцоолох боломжтой.

$$M(^{12}C)= 1.99\cdot10^{-26}\text{ кг} \cdot 6.02\cdot10^{23}\text{ моль}^{-1} = 0.012\text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1} = 12\text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$$

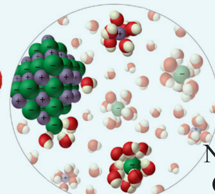


Натрийн $6.02\cdot10^{23}$ ширхэг атом нь 1 моль болно.
$M(Na)$ = 23 г · моль$^{-1}$



Хлор хийн $6.02\cdot10^{23}$ ширхэг молекул нь 1 моль болно.
$M(Cl_2)$ = 71 г · моль$^{-1}$

Усны $6.02\cdot10^{23}$ ширхэг молекул нь 1 моль болно.
$M(H_2O)$ = 18 г · моль$^{-1}$



Уусмалд буй $6.02\cdot10^{23}$ ширхэг натрийн ион нь 1 моль болно.
$M(Na^+)$=23 г · моль$^{-1}$

Химийн элементийн үнэмлэхүй массын утгыг ашиглан элемент, химийн нэгдлийн молийн массыг тооцоолох боломжтой.

$A_r(H)$=1 а.м.н.	$A(H)= 1.66\cdot10^{-27}$ кг тул $M(H)=A\cdot N_A$=1 г·моль$^{-1}$
$M_r(H_2)=2\cdot A_r(H)$=2 а.м.н	$M(H_2)$ = 2 · 1 г · моль$^{-1}$ = 2 г · моль$^{-1}$
$A_r(O)$=16 а.м.н	$A(O)= 2.66\cdot10^{-26}$ кг тул $M(O)= A\cdot N_A$=16 г·моль$^{-1}$
$M_r(O_2)=2\cdot A_r(O)$=32 а.м.н	$M(O_2)$ = 2 · 16 г · моль$^{-1}$ = 32 г·моль$^{-1}$
$M_r(H_2O)=2\cdot A_r(H)+1\cdot A_r(O)$=18 а.м.н	$M(H_2O)=2\cdot M(H)+1\cdot M(O)$=18 г·моль$^{-1}$

Химийн бодисын тоо хэмжээ, молийн масс, массын хамаарал дараах томьёогоор илэрхийлэгдэнэ.

$n = \dfrac{m}{M}$ *n - бодисын тоо хэмжээ, моль,* *M - молийн масс, г · моль$^{-1}$,* *m - масс, г*

Жишээ дасгал

2. а) 27 г ус хэдэн моль вэ? б) 4 моль ус хэдэн грамм масстай вэ?

Бодолт: Усны молийн масс: $M(H_2O)$ = 2·1 г·моль$^{-1}$ + 1·16 г·моль$^{-1}$ = 18 г·моль$^{-1}$

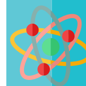
Масс, молийн масс, молийн харьцааг ашиглан моль болон массыг бодож олно.

а) $n = \dfrac{m}{M} = \dfrac{27\text{ г}}{18\text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}} = 27\text{ г}\cdot\dfrac{1\text{ моль}}{18\text{ г}} = 1.5\text{ моль}$ б) $m = n\cdot M = 4\text{ моль}\cdot\dfrac{18\text{ г}}{1\text{ моль}} = 72\text{ г}$

Дасгал

4. Химийн бодис, түүний молийн массыг зураасаар холбон харгалзуулна уу.

Химийн бодис	Молийн масс, г·моль$^{-1}$
а) Зэс (Cu)	100
б) Устөрөгчийн хлорид (HCl)	64
в) Калийн бромид (KBr)	36.5
г) Аргон (Ar)	119
д) Кальцийн карбонат ($CaCO_3$)	40



5. Өгсөн химийн бодисын массыг тооцоолно уу.
   а) $5.02 \cdot 10^{23}$ ш атом агуулсан зэс
   б) 2 моль кальцийн карбонат
   в) $2.41 \cdot 10^{23}$ ш натрийн ион агуулсан натрийн хлорид
   г) 3 моль нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксид
6. Өгсөн химийн бодис хэдэн моль болохыг тооцоолно уу.
   а) $6.02 \cdot 10^{22}$ ш атом агуулсан төмөр
   б) 7.1 г хлор хий
   в) 10.6 г натрийн гидрокарбонат
   г) 10 г кальцийн карбонат
7. Өгсөн химийн бодист ямар жижиг хэсэг, хэдэн ширхэг агуулагдах вэ?
   а) 6.4 г зэс
   б) 44 мг нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксид
   в) 0.04 кг натрийн гидроксид
   г) 0.1 моль барийн сульфат

Дадлага ажил

3. **Бодисын жижиг хэсгийн масс хэр бага тоо вэ?**

Усны 1 ширхэг молекулын массыг тооцож олно уу. 1 ширхэг витамин үрэл эсвэл, үрлэн чихрийн массыг хэмжиж, усны 1 ширхэг молекулын массаас хэд дахин хүнд болохыг тооцоолоорой.

Хийн молийн эзлэхүүн

Аливаа хийн эзлэхүүн орчныхоо даралт, температураас хамааран өөрчлөгддөг. Хий төлөв дэх бодисын энэ шинж чанарыг судалсан эрдэмтдийн нэг болох Италийн эрдэмтэн А.Авогадро 1811 онд өгсөн даралт, температурт буй аливаа хийн эзлэхүүн агуулж буй жижиг хэсгийн тооноос шууд хамаарна гэсэн анхны оновчтой саналыг дэвшүүлсэн. Улмаар өгсөн даралт, температурт орших ижил эзлэхүүнтэй хийд адил тооны жижиг хэсэг агуулагдана хэмээн үзэж байсан нь хожим бусад судлаачдын туршилт судалгаагаар батлагдсан байдаг.

(1776-1856)

А.Авогадро Химийн шинжлэх ухаанд "Авогадрогийн хууль, Авогадрогийн тогтмол"-оор нэрээ мөнхөлсөн байдаг.

Ижил нөхцөлд ижил тооны жижиг хэсэг агуулсан хий төлөвтэй бодисын эзлэхүүн ижил байна. Үүнийг **Авогадрогийн хууль** гэнэ.

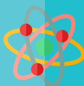
$6.02 \cdot 10^{23}$ ширхэг жижиг хэсэг агуулсан, 1 моль хийн эзлэхүүнийг **хийн молийн эзлэхүүн (V_m)** гэнэ. Хийн молийн эзлэхүүний нэгж нь $дм^3 \cdot моль^{-1}$ болно.

	$p=10^5$ Па	$p=10^5$ Па	$p=10^5$ Па
	n(He)=1 моль, 4.0 г, 24.8 $дм^3$, 298 К	$n(O_2)$=1 моль, 32.0 г, 24.8 $дм^3$, 298 К	$n(N_2)$=1 моль, 28.0 г, 24.8 $дм^3$, 298 К
n	1 моль		
p	100 кПа		
T	298 К		
V	24.8 $дм^3$		
N	$6.02 \cdot 10^{23}$		
d	0.179 $г \cdot л^{-1}$	1.43 $г \cdot л^{-1}$	1.25 $г \cdot л^{-1}$
m	4.0 г	32.0 г	28.0 г

Стандарт даралт (100 кПа), хүрээлэн буй орчны стандарт температур (25°С буюу 298 К) дахь аливаа хийн молийн эзлэхүүн 24.8 $дм^3 \cdot моль^{-1}$ болно. 25°С температур, 100 кПа даралтын нөхцөлийг **стандарт даралт, температур (стандарт нөхцөл)** гэнэ. Харин 101.325 кПа даралт, 0°С буюу 273 К температурт хийн молийн эзлэхүүн 22.4 $дм^3 \cdot моль^{-1}$ болно. Тооцоонд стандарт даралт, температурт хийн молийн эзлэхүүн (24.8 $дм^3 \cdot моль^{-1}$)-ийг түгээмэл хэрэглэдэг. Хийн тоо хэмжээ, хийн молийн эзлэхүүн, эзлэхүүний хамаарал дараах томьёогоор илэрхийлэгдэнэ.

$$n = \frac{V}{V_m}$$

n - бодисын тоо хэмжээ, моль, V_m - хийн молийн эзлэхүүн, $дм^3 \cdot моль^{-1}$, V - эзлэхүүн, $дм^3$



Жишээ дасгал

3. Стандарт даралт, температурт дараах тооцоог хийнэ үү.
а) 12.4 $дм^3$ эзлэхүүнтэй хүчилтөрөгчийн моль,
б) 2.5 моль хүчилтөрөгчийн эзлэхүүн,
в) 2.48 $дм^3$ эзлэхүүнтэй хүчилтөрөгчийн масс,
г) 3.2 г масстай хүчилтөрөгчийн эзлэхүүнийг тус тус тооцоолно уу?

Бодолт

Моль, молийн эзлэхүүний харилцан хамаарлын тэгшитгэлийг ашиглан бодолтыг хийнэ.

а) $n = \frac{V}{V_M} = 12.4\ дм^3 \cdot \frac{1\ моль}{24.8\ дм^3} = 0.5\ моль$ б) $V = n \cdot V_M = 2.5\ моль \cdot \frac{24.8\ дм^3}{1\ моль} = 62\ дм^3$

в) Эхлээд хүчилтөрөгчийн молийн эзлэхүүнээс тоо хэмжээг олж, молиос хийн массыг олно.

$$m(O_2) = 2.48\ дм^3 \cdot \frac{1\ моль}{24.8\ дм^3} \cdot \frac{32\ г}{1\ моль} = 3.2\ г$$

г) Хүчилтөрөгчийн массаас тоо хэмжээг олж, молийн эзлэхүүнээс хийн эзлэхүүнийг олно.

$$V(O_2) = 3.2\ г \cdot \frac{1\ моль}{32\ г} \cdot \frac{24.8\ дм^3}{1\ моль} = 2.48\ дм^3$$

Дасгал

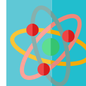
8. 100 кПа даралт, 298 К температурт буй а) 6.2 $дм^3$ устөрөгч, б) 3.1 $см^3$ агаар, в) 2.48 л азот, г) 74.4 мл аргон зэрэг хий бүрт ямар жижиг хэсэг, хэчнээн ширхэг агуулагдах вэ?
9. Стандарт даралт, температурт а) 2 моль хлор, б) 3 моль азот (IV)-ийн оксидын массыг, в) 117 г нүүрстөрөгч (II)-ийн оксид, г) 50 г криптоны молийг тус тус тооцоолно уу.
10. Өгсөн хийн эзлэхүүнийг стандарт даралт, температурт тооцоолно уу.
а) 6.0 г устөрөгч, б) 44 мг нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксид, в) 0.046 кг азот (IV)-ийн оксид, г) 0.25 моль аргон, д) 3.5 моль пропен
11. Хүснэгтэд өгсөн химийн бодисын мэдээллийн дутуу гүйцээнэ үү (хий төлөвт орших бодисын эзлэхүүнийг 100 кПа даралт, 298 К температурт тооцно).

Бодис	M_r, а.м.н.	M, г · $моль^{-1}$	n, моль	V, $дм^3$	m, г	N, ш
O_3		48	2.5			
C_2H_6	30					$3.01 \cdot 10^{23}$
SO_2				4.96	12.8	
Na_2O			1		62	
HNO_3	63	63				$12.04 \cdot 10^{22}$
$Ba(OH)_2$			0.3			$18.06 \cdot 10^{22}$
$BaSO_4$					2.33	

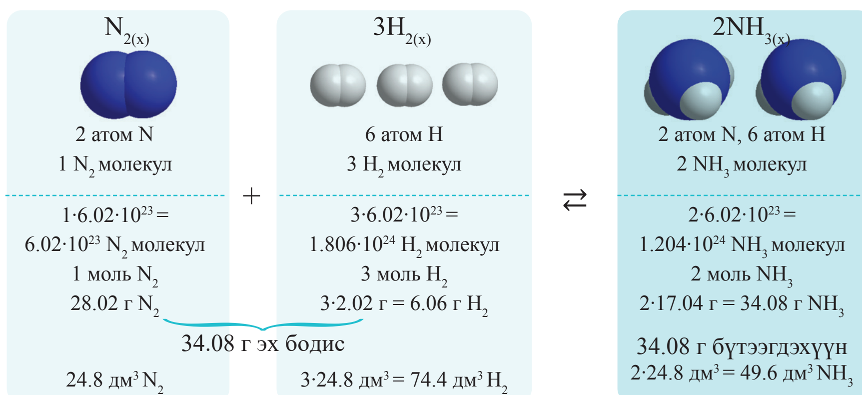
Химийн урвалын стехиометр

Тодорхой тоо хэмжээтэй бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэхэд харилцан урвалд орж буй эх бодисын болон урвалаас үүсч буй бүтээгдэхүүн бодисын тоо хэмжээ, масс, эзлэхүүний харьцааг мэдэх шаардлагатай байдаг. Химийн урвалд орж буй бодисуудын масс болон эзлэхүүний харилцан хамаарлыг урвалын **стехиометр** гэнэ.

Химийн урвалын тэгшитгэлийг бичихдээ масс хадгалагдах хуулийг баримтлан эх бодис, бүтээгдэхүүн бодис дахь атомуудын тоог тэнцүү байхаар атом, молекул, ионы өмнө харгалзах коэффициентийг тавьдаг. Үүнийг **стехиометрийн коэффициент** гэнэ. Химийн урвалын тэгшитгэл дэх стехиометрийн коэффициентийн харьцааг **стехиометрийн харьцаа** гэнэ.

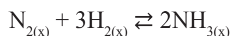


Химийн урвалын тэгшитгэл дэх стехиометрийн харьцааг ашиглан эх болон бүтээгдэхүүн бодисын тоо хэмжээ, масс, эзлэхүүнийг тооцоолж болдог. Химийн томьёо, урвалын тэгшитгэлийг ашиглан хийж буй тооцоог **стехиометрийн тооцоо** гэнэ. Габерийн процессын жишээгээр стехиометрийн харьцааг авч үзье.



Жишээ дасгал

4. Габерийн процессоор аммиакийг гарган авдаг.



$$N_{2(х)} + 3H_{2(х)} \rightleftarrows 2NH_{3(х)}$$

а) Анх 20 моль азот авсан бол хэдэн моль устөрөгч авах хэрэгтэй вэ?
б) Урвалаар 340 г аммиак гарган авахын тулд хэдэн моль устөрөгч авах вэ?
в) Урвалаар 40 моль аммиак гарган авахад хэдэн грамм азот зарцуулагдах вэ?
г) Стандарт даралт, температурт 744 дм³ устөрөгч хэдэн литр азоттой бүрэн урвалд орох вэ?

Бодолт

Урвалын стехиометрийн харьцааг ашиглан 20 моль азоттой урвалд орох устөрөгчийн молийг тооцоолно. Урвалын стехиометрийн харьцаа $n(N_2){:}n(H_2)=1{:}3$ байна. Өөрөөр хэлбэл 1 моль азот 3 моль устөрөгчтэй үлдэгдэлгүйгээр урвалд орно.

Урвалын стехиометрийн харьцааг ашиглана

Азотын моль → *Устөрөгчийн моль*

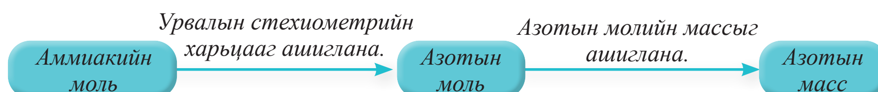
а) 20 моль азоттой урвалд орох устөрөгчийн молийг олно.

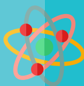
$$n(H_2) = 20\text{ моль } N_2 \cdot \frac{3\text{ моль } H_2}{1\text{ моль } N_2} = 60\text{ моль } H_2$$

б) 340 г аммиакийг үүсгэхэд зарцуулагдах устөрөгчийн молийг тооцоолохдоо 1) аммиакийн молийн масс, 2) стехиометрийн харьцаа ($n(H_2){:}n(NH_3)=3{:}2$)-аас устөрөгчийн молийг олно.

$$n(H_2)=340\text{ г } NH_3 \cdot \frac{1\text{ моль } NH_3}{17\text{ г } NH_3} \cdot \frac{3\text{ моль } H_2}{2\text{ моль } NH_3}=30\text{ моль } H_2$$

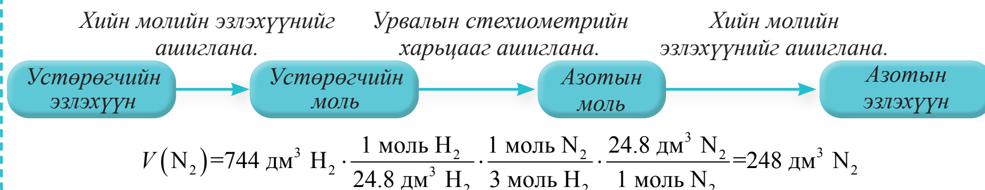
в) 40 моль аммиак гарган авахад зарцуулагдах азотын массыг олохдоо 1) стехиометрийн харьцаа ($n(N_2){:}n(NH_3)=1{:}2$)-г ашиглан аммиакийн молиос урвалд орох азотын молийг, 2) азотын массыг тооцоолно.





$$m(N_2)=40 \text{ моль } NH_3 \cdot \frac{1 \text{ моль } N_2}{2 \text{ моль } NH_3} \cdot \frac{28 \text{ г } N_2}{1 \text{ моль } N_2} = 560 \text{ г } N_2$$

г) 744 дм^3 устөрөгчтэй урвалд орох азотын эзлэхүүнийг олохдоо 1) хийн молийн эзлэхүүнээс тоо хэмжээг, 2) стехиометрийн харьцаа ($n(N_2)$:$n(H_2)$=1:2)-г ашиглан устөрөгчийн тоо хэмжээнээс азотын молийг, 3) молийн эзлэхүүнээс азотын эзлэхүүнийг тооцоолно.



$$V(N_2)=744 \text{ дм}^3 \ H_2 \cdot \frac{1 \text{ моль } H_2}{24.8 \text{ дм}^3 \ H_2} \cdot \frac{1 \text{ моль } N_2}{3 \text{ моль } H_2} \cdot \frac{24.8 \text{ дм}^3 \ N_2}{1 \text{ моль } N_2} = 248 \text{ дм}^3 \ N_2$$

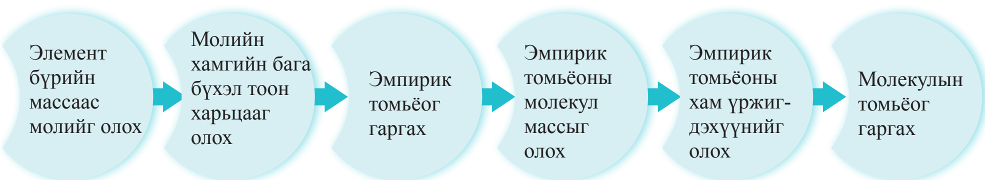
Дасгал

12. Натрийн гидроксид ба давсны хүчлийн уусмалыг холиход 5.85 г натрийн хлорид үүссэн. Урвалд орсон NaOH ба HCl-ын массыг тооцоолно уу.
13. Нүүрсний цахилгаан станцын түлшний шаталтаар хүхэр (IV)-ийн оксид үүсдэг.
    а) Стандарт даралт, температурт түлш бүрэн шатахад 2480 дм^3 хүхэр (IV)-ийн оксид үүссэн бол түлшин дэх хүхрийн молийг олно уу.
    б) Үүссэн хүхэр (IV)-ийн оксидыг саармагжуулахад 560 кг кальцийн оксид зарцуулагдсан бол урвалаар хэдэн моль давс үүссэн бэ?
14. 2.4 г металл магнийг илүүдэл хэмжээтэй давсны хүчилтэй урвалд оруулжээ. Урвалаар хэдэн моль хий ялгарсан бэ? Стандарт даралт, температурт хийн эзлэхүүн, массыг тооцоолно уу.

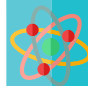
Химийн бодисын эмпирик ба молекулын томьёо

Химийн нэгдлийн нэг молекул эсвэл томьёоны нэгжид агуулагдах элементүүдийн атомын хамгийн бага бүхэл тоон харьцаагаар илэрхийлсэн томьёог **эмпирик томьёо** (хялбар томьёо), молекулд бодитой агуулагдаж буй элемент бүрийн атомын нийт тоог илэрхийлсэн томьёог **молекулын томьёо** гэнэ. Эмпирик томьёог химийн нэгдлийн дээжид агуулагдах элемент бүрийн масс эсвэл массын хувиар тогтоодог. Молекулын томьёо болон эмпирик томьёоны молекул массуудыг харьцуулан гаргасан бүхэл тоогоор эмпирик томьёон дахь атомуудын тоог үржүүлж, молекулын томьёог бичдэг. Жишээлбэл: пропен (C_3H_6), бутен (C_4H_8) нь адилхан эмпирик томьёо (CH_2)-той боловч молекулын томьёог гаргахдаа эмпирик томьёон дахь атомуудын тоог харгалзан 3, 4-өөр үржүүлж гаргадаг. Туршилтын дүнд гарган авсан элементүүдийн масс болон массын хувь, молекул массыг ашиглан химийн нэгдлийн эмпирик болон молекулын томьёог тогтоох аргачлалтай танилцая (Зураг 1.1.1).

Химийн бодис	Эмпирик томьёо	Молекулын томьёо
Метан	CH_4	CH_4
Этан	CH_3	C_2H_6
Пропен	CH_2	C_3H_6
Бутен	CH_2	C_4H_8



Зураг 1.1.1. Химийн бодисын молекулын томьёог тогтоох аргачлал



Жишээ дасгал

5. Никотин нь тамхины найрлагад ордог, мансууруулах үйлчилгээтэй органик бодис юм. Никотины молекул 7.402 г C, 0.871 г H, 1.727 г N гэсэн найрлагатай, молекул масс (M_r) нь 162.3 бол молекул томьёог олоорой.

Бодолт

Алхам 1. Элемент бүрийн массаас молийг тооцоолно.

$$n(\mathrm{C}) = \frac{7.402\ \text{г}}{12.011\ \text{г} \cdot \text{моль}^{-1}} = 0.616\ \text{моль}$$

$$n(\mathrm{H}) = \frac{0.871\ \text{г}}{1.008\ \text{г} \cdot \text{моль}^{-1}} = 0.864\ \text{моль}$$

$$n(\mathrm{N}) = \frac{1.727\ \text{г}}{14.007\ \text{г} \cdot \text{моль}^{-1}} = 0.123\ \text{моль}$$

Алхам 2. Элементүүдийн молийн хамгийн бага бүхэл тоон харьцааг олж, эмпирик томьёон дахь атомуудын тоог олно.

n(C):n(N):n(H)=0.617 моль C:0.123 моль N:0.871 моль H=5 моль C:1 моль N:7 моль H

Алхам 3. Эмпирик томьёог бичнэ: C_5H_7N

Алхам 4. Эмпирик томьёоны молекул массыг олно.

$$M_r(C_5H_7N)=5\cdot12.011+7\cdot1.008+1\cdot14.007=81.12$$

Алхам 5. Нэгдлийн молекул массыг эмпирик томьёоны массад хувааж, хам үржигдэхүүнийг гаргана: 162.3/81.12=2

Алхам 6. Хам үржигдэхүүнийг эмпирик томьёон дахь атомын тоогоор үржүүлэн молекулын томьёог гаргана: $(C_5H_7N) \cdot 2 \rightarrow \mathbf{C_{10}H_{14}N_2}$

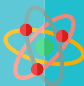
Химийн бодист агуулагдах элементийн эзлэх массын хувь өгсөн тохиолдолд 100 г химийн бодист агуулагдах масс гэж үзнэ.

Дасгал

15. Хий байдалтай бодисын дээж 39.10% C, 7.67% H, 26.11% O, 16.82% P, 10.30% F агуулдаг. Нэгдлийн молийн масс 184.1 г·моль$^{-1}$ бол молекулын томьёог тогтооно уу.
16. Нэгэн нэхмэлийн компани шар өнгийн будагч бодисыг шинээр гарган авчээ. Энэ бодис 75.95% C, 17.72% N, 6.33% H (массын хувиар) агуулдаг бөгөөд молийн масс нь 240 г·моль$^{-1}$ бол будагч бодисын молекулын томьёог тогтооно уу.
17. Хуурай хими цэвэрлэгээнд хэрэглэгддэг дихлороэтан нь нүүрстөрөгч, хлор, устөрөгчөөс тогтсон нэгдэл юм. Энэ нэгдлийн молийн масс 99 г·моль$^{-1}$ бөгөөд 24.3% C, 4.1% H агуулагдаж байгааг тогтоожээ. Энэ нэгдлийн молекулын томьёо ямар байх вэ?
18. Нэгэн химийн нэгдлийн томьёоны масс 34.00 а.м.н. байдаг. Энэ нэгдэл 0.44 г устөрөгч, 6.92 г хүчилтөрөгч агуулдаг бол ямар молекулын томьёотой вэ?

Уусмалын концентрац

Хоёр болон түүнээс олон тооны бодисууд бие биедээ жигд түгэн тархах үед үүсдэг гомоген холимгийг **уусмал** гэнэ. Уусмалд жигд түгэн тархсан эзлэхүүн, масс багатай бодисыг **ууссан бодис** гэнэ. Харин эзлэхүүн, масс харьцангуй их бодисыг **уусгагч** гэдэг. Ууссан бодис нь хатуу, шингэн, хий аль ч төлөвт байж болно. Тогтсон эзлэхүүнтэй уусмалд агуулагдах ууссан бодисын тоо хэмжээг уусмалын **концентрац** гэнэ. Концентрацыг C үсгээр тэмдэглэдэг. Уусмалын концентрацыг илэрхийлэх олон аргууд байдгаас массын болон молийн концентрацыг түгээмэл хэрэглэдэг байна.



Чацарганы агууламж өндөртэй буюу өтгөрүүлсэн шүүс

Чацарганы агууламж багатай буюу шингэрүүлсэн шүүс

Жимсний шүүсийг усаар шингэлж уух зориулалттай өтгөрүүлсэн, мөн шууд уух боломжтой шингэрүүлсэн байдлаар худалдаалдаг. Эдгээр шүүс хоорондоо ямар ялгаатай вэ?
Өтгөрүүлсэн жимсний шүүсэнд жимсний агуулга их байдаг учир концентрац ихтэй, шингэрүүлсэн шүүсэнд жимсний агуулга бага тул концентрац багатай байна.

Массын концентрац. 1 л эзлэхүүнтэй уусмалд агуулагдаж буй уусcан бодисын массаар илэрхийлэгдэх хэмжээсийг **массын концентрац, *R*** (г·л$^{-1}$) гэнэ.

$$= \frac{\text{Уусcан бодисын масс, г}}{\text{Уусмалын эзлэхүүн, л}} = —$$

Жишээлбэл: 0.05 г·л$^{-1}$ кконцентрацтай уусмал гэвэл 1 л уусмалд 0.05 г цэвэр бодис уусcан болохыг илтгэнэ. Цэвэр бодисын хувьд массын концентрац нь түүний нягттай тэнцүү.

Молийн концентрац. 1 л уусмалд агуулагдах уусcан бодисын молиор илэрхийлэгдэх хэмжээсийг **молийн концентрац** гэнэ. Молийн концентрацыг моль·л$^{-1}$ нэгжээр илэрхийлдэг бөгөөд үүнийг *M* үсгээр тэмдэглэх нь ч бий.

$$M = \frac{\text{Уусcан бодисын моль, моль}}{\text{Уусмалын эзлэхүүн, л}} = \frac{n}{V}$$

0.05 моль·л$^{-1}$ кконцентрацтай уусмал өгсөн гэвэл хувьд 1 л уусмалд 0.05 моль цэвэр бодис агуулагдаж байгааг илэрхийлнэ.

Жишээ дасгал

6. 100 мл эзлэхүүнтэй физиологийн уусмалд 0.9 г натрийн хлорид агуулагддаг бол уусмалын а) массын, б) молийн концентрацыг бодож олно уу.

Бодолт

а) Уусcан бодисын масс болон уусмалын эзлэхүүнийг тогтооно.

m (уусcан бодис)= 0.9 г *V*(уусмал)= 100 мл

Уусcан бодисын масс болон уусмалын эзлэхүүний харьцааг үндэслэн 1 л уусмалд агуулагдах уусcан бодисын масс буюу массын концентрацыг олно.

$$= \frac{0.9 \text{ г NaCl}}{100 \text{ мл уусмал}} \cdot \frac{1000 \text{ мл}}{1 \text{ л}} = \frac{9 \text{ г NaCl}}{1 \text{ л уусмал}} = 9 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$$

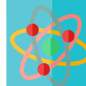
б) Молийн концентрацыг олоход шаардлагатай уусcан бодисын тоо хэмжээ (моль)-г олно.

$$n = 9 \text{ г NaCl} \cdot \frac{1 \text{ моль NaCl}}{58.5 \text{ г NaCl}} = 0.154 \text{ моль}$$

Уусcан бодисын моль болон уусмалын эзлэхүүний харьцааг үндэслэн 1 л уусмалд байх уусcан бодисын моль буюу молийн концентрацыг олно.

$$M = \frac{0.154 \text{ моль NaCl}}{100 \text{ мл уусмал}} \cdot \frac{1000 \text{ мл}}{1 \text{ л}} = \frac{1.54 \text{ моль NaCl}}{1 \text{ л уусмал}} = 1.54 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$$

7. 0.1 моль·л$^{-1}$ концентрацтай 100 мл зэсийн сульфатын уусмал бэлтгэхийн тулд хэдэн г $CuSO_4$ авах хэрэгтэй вэ?



Бодолт

Молийн концентрац өгөгдсөн учир бэлтгэх 100 мл уусмалд агуулагдах уусан бодисын тоо хэмжээг олно.

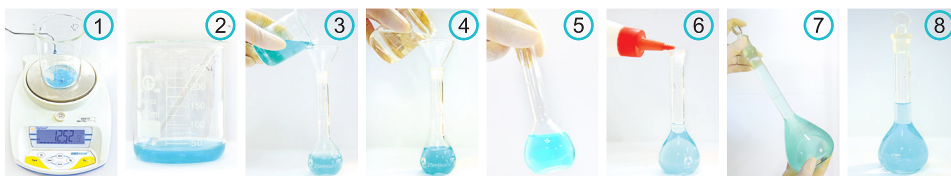
$$n = \frac{0.1 \text{ моль } CuSO_4}{1 \text{ л уусмал}} \cdot 100 \text{ мл уусмал} \cdot \frac{1 \text{ л}}{1000 \text{ мл}} = 0.01 \text{ моль}$$

Бодисын тоо хэмжээг ашиглан уусан бодисын массыг олно.

$$m(CuSO_4) = 0.01 \text{ моль} \cdot \frac{160 \text{ г } CuSO_4}{1 \text{ моль } CuSO_4} = 1.6 \text{ г}$$

Тодорхой концентрацтай уусмал бэлтгэх. Тооны анализад концентрац нь мэдэгдэж байгаа уусмалыг ашигладаг учир тодорхой концентрацтай уусмал бэлтгэн хэрэглэх шаардлага үргэлж гардаг. Уусмалыг дараах аргачлалын дагуу бэлдэнэ (Зураг 1.1.2).

1. Уусмал бэлтгэхэд шаардлагатай уусан бодисын массыг тооцоолон жинлэж авна.
2. Шилэн аяганд хуурай бодисыг хийж, бага зэрэг ус нэмж уусгана.
3. Хуурай бодис бүхий шилэн аяганд уусгагчаас бага зэрэг нэмэн бүрэн уусгасны дараа юүлүүрээр хэмжээст колбонд юүлнэ.
4. Шилэн аягаа гурваас доошгүй удаа уусгагчаар зайлж, колбонд хийсний дараа уусмалын эзлэхүүн колбоны хүзүүний ойролцоо хүртэл уусгагчаас нэмнэ.
5. Колбыг таглан уусмалаа эргэлдүүлэн сэгсэрч холино.
6. Уусмалын эзлэхүүн менискийн доогуур байхаар хэмжээс хүртэл уусгагчаас нэмнэ.
7. Колбыг таглаад 10-аас дээш удаа тонгоруулан сэгсэрч холино.
8. Уусмал бэлэн болно.



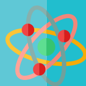
Зураг 1.1.2. Тодорхой концентрацтай уусмал бэлтгэх аргачлал

Дасгал

19. Сурагч 8.5 г мөнгөний нитратыг усанд уусгаж 500 мл уусмал бэлтгэсэн бол уусмалын молийн концентрацыг олно уу.
20. Ус цайруулах зорилгоор бэлтгэсэн устөрөгчийн пероксидын уусмалын массын концентрац 30 $г \cdot л^{-1}$ байдаг бол молийн концентрацыг олно уу.
21. 0.25 $моль \cdot л^{-1}$ концентрацтай натрийн гидроксидын 500 мл уусмал бэлтгэхийн тулд хэдэн г NaOH авах вэ?

Дэд бүлгийн дүгнэлт

- 1 моль химийн бодис бүрт $6.02 \cdot 10^{23}$ жижиг хэсэг (атом, молекул, ион, бүтцийн нэгж) агуулагдана.
- Химийн бодисын молийн масс харьцангуй молекул массынхаа, атомын молийн масс харьцангуй атом массынхаа тоон утгатай тус тус тэнцүү.
- Стандарт даралт (100 кПа), хүрээлэн буй орчны стандарт температур (25°C буюу 298 K)-т буй 1 моль хийн эзлэхүүн 24.8 $дм^3$ байна.
- Химийн бодисууд стехиометрийн харьцаагаар урвалд ордог.
- Урвалын стехиометр харьцааг ашиглан урвалд зарцуулагдах эх бодисын, урвалаас үүсэх бүтээгдэхүүн бодисын тоо хэмжээ, масс, эзлэхүүнийг тооцож олдог.
- Молийн болон массын концентрацид үндэслэн ямар ч концентрацтай уусмалыг бэлтгэж болно.



1.2. БОДИСЫН ЦЭВЭРШЛИЙГ ҮНЭЛЭХ АРГА

Түлхүүр үг. Цаасан хроматограф, Хайлах цэг, Буцлах цэг, Бодисын бохирдол, Хроматограмм.

Цэвэр ба холимог бодис

Бид өдөр тутмын амьдралдаа янз бүрийн хоол хүнс, ус ундаа, эмийн бэлдмэлүүд зэрэг олон төрлийн бодис материалыг хэрэглэдэг. Эдгээрийн зарим нь цэвэр бодис, зарим нь холимог байдаг. Үнэмлэхүй цэвэр бодис гарган авах нь маш хэцүү юм.

Хэдийгээр өдөр тутам хэрэглэгддэг шүүс, ус зэргийг бид "Цэвэр ус, шүүс" гэж хэлж заншсан ч гэсэн олон төрлийн химийн бодис агуулдаг учраас химийн найрлагаараа цэвэр бодис болж чаддаггүй.

Улсын мэргэжлийн хяналтын газар нь иргэдэд эрүүл, аюулгүй орчинд амьдрах, чанартай бүтээгдэхүүн, үйлчилгээ хэрэглэх боломжийг бүрдүүлэх зорилго бүхий Монгол Улсын Засгийн Газрын тохируулагч агентлаг юм. Мэргэжлийн хяналтын газрын харьяа лаборатори нь хүнс, хүнсний бүтээгдэхүүн, эм, эмийн бүтээгдэхүүнд шинжилгээ хийж хориотой бодис агуулсан эсэх, хүлцэх агууламжаас хэтэрсэн эсэхийг шалгадаг.

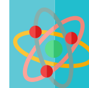
Хайлах, буцлах цэгт үндэслэн химийн бодисыг таних, бохирдолтой эсэхийг тогтоох

Бидний амьдралд тохиолддог өргөн хэрэглээний бодис материал хольцтой байх нь элбэг ч зарим онцгой тохиолдолд тухайлбал: эм болон хүнсний нэмэлт бүтээгдэхүүн бохирдолтой эсэх нь маш чухал үзүүлэлт болдог байна. Химийн бодист бага хэмжээний өөр бодис эсвэл тодорхой бүтээгдэхүүнд түүний чанар, шаардлагад үл нийцэх бодис агуулагдаж байвал үүнийг **бохирдол** гэж нэрлэдэг.

Бодис бохирдолтой эсэхийг тогтоох шаардлагатай юу? Эм, эмийн бүтээгдэхүүний үйлдвэрлэлд химийн цэвэр бодис хэрэглэснээр хүний биед илэрч болзошгүй гаж нөлөөг тогтоож, хүсээгүй үр дүнгээс сэргийлэн түүнийг хянах боломж олгодог. Мөн тухайн эмийн анагаах үйлчлэл илүү сонгомол байж чаддаг.

Түүнчлэн компьютерын үйлдвэрт өргөн хэрэглэдэг цахиурт маш бага хэмжээний бохирдол агуулагдаж байвал компьютерын эд ангийн хэвийн үйл ажиллагаа алдагддаг. Иймд тухайн бодисын бохирдол агуулсан эсэх, нэмэлт бодис нь хүлцэх агууламжаас хэтэрсэн эсэхийг тогтоохын тулд орчин үед өндөр нарийвчлалтай багаж төхөөрөмж олноор бүтээн хэрэглэх болсон.

Бодис хэдийчинээ хольцтой байна түүний хайлах (буцлах) цэг нь цэвэр бодисынхоос төдийчинээ бага (их) байна. Химийн цэвэр бодисын хайлах, буцлах цэг тодорхой, тогтмол утгатай, харин хольцтой бодисын хайлж (буцалж) эхлэх температур, хайлж (буцалж) дуусах температурын өөрчлөлт огцом биш, тодорхой мужид байдаг (Зураг 1.2.1).



Зураг 1.2.1. а) Цэвэр бодис, б) Холимог бодисын хайлах, буцлах цэг

Хүнсний бүтээгдэхүүн дэх нэмэлт бодисын агуулга ямар байх ёстой вэ? Хоол хүнс, ундааны бүтээгдэхүүний хадгалалтыг уртасгах, амт чанар, үзэмжийг сайжруулах зорилгоор төрөл бүрийн химийн бодисыг нэмэлтээр хэрэглэдэг бөгөөд олон улсын эрүүл мэндийн байгууллагаас зөвшөөрөгдсөн бодисуудыг Е кодтой бүртгэсэн байдаг. Эдгээр химийн бодис нь хүний эрүүл мэндэд хоргүй, эрсдэл учруулахгүй байх ёстой. Үүний тулд эдгээр бодисын бохирдлын зэрэг хүлцэх агууламжаас хэтрээгүй эсэхийг хянах нь зайлшгүй чухал. Олон улсын холбогдох байгууллагууд зөвшөөрөгдсөн Е кодтой бодисуудын шинж чанарыг судлан хавдар үүсгэж, онц аюул учруулагч бодисыг байнга зарлан мэдээлж байдаг.

Хавдар үүсгэх	
Будагч бодис	E131 E153
Нөөшлөгч бодис	E210, 216, E219, E230, E240 E249, E252, E280, E283
Үл исэлдүүлэгч	E330
Бусад нэмэлтүүд	E954
Аюултай болон онц аюултай	
Будагч бодис	E102, E110, E120, E123 E124, E127, E155, E180
Нөөшлөгч бодис	E201, E220, E222, E224, E228, E242
Тогтворжуулагч бодис	E400-E405
PH тохируулагч бодис	E501-E503, E510, E513, E527
Амт үнэр сайжруулагч	E620, E636, E637

Мэдэхэд илүүдэхгүй

Бензойны хүчил (E210) нь хөгц, исгэгч буюу хөрөнгө, зарим бактерийн өсөлтийг зогсоодог үйлчилгээтэй учраас жимсний шүүс, хийжүүлсэн ундаа, даршилсан бүтээгдэхүүн гэх мэт олон хүнсний бүтээгдэхүүнд хадгалалтыг удаашруулах зорилгоор нэмэлт болгон хэрэглэдэг. Хүнсний бүтээгдэхүүнд бензойны хүчлийг нэмэлтээр хэрэглэхдээ түүний агуулгыг 0.05-0.10%-аас хэтрүүлж болохгүй.

Хайлах цэгээр бодисын бохирдолтой эсэхийг тогтоох. Цэвэр химийн бодис температурын нэг утгад хайлдаг бол холимог бодис температурын тодорхой хязгаарт хайлдаг. Цэвэр химийн бодисын хайлах цэгийг лавлах хүснэгтэд өгсөн байдаг. Иймд бодисын хайлах цэгийг туршилтаар тодорхойлох замаар түүний бохирдолтой эсэхийг тогтоож болно.

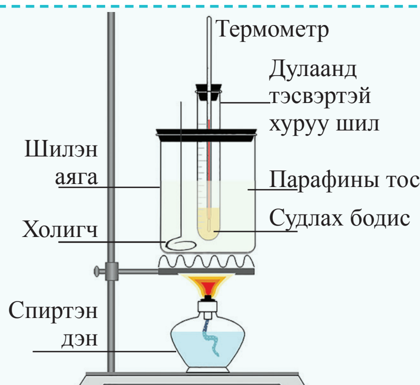
Туршилт

Цэвэр бензойны хүчил 122.41°С температурт хайлдаг боловч бохирдолтой байвал 118-121°С температурт хайлдаг.

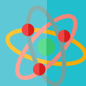
Бензойны хүчил, C_6H_5COOH

Идэмхий

Удаан хугацаанд өртвөл хүний эд эрхтнийг гэмтээнэ



Зураг 1.2.2. Бодисын хайлах цэгийг тодорхойлох багаж



Асуулт

1. Бензойны хүчлийн хайлах цэгийг тодорхойлохдоо яагаад ус биш парафины тосыг хэрэглэдэг вэ?
2. Бензойны хүчлийн хайлах цэгийг тодорхойлохдоо яагаад парафины тосыг тасралтгүй хутгах ёстой вэ?

Аливаа химийн бодис бохирдолтой байхын хэрээр түүний хайлах цэг цэвэр бодисынхоос бага, тодорхой температурын хязгаарт хайлна.

Жишээ дасгал

1. Судлаач нэгэн үл мэдэгдэх бодис Х-ыг А, Б, В гэсэн гурван нэгдлийн нэг нь байх боломжтой гэж үзэв. А, Б, В бодисын хайлах цэг болон Х бодисыг дээр өгсөн нэгдэл тус бүртэй хольж, холимог бүрийн хайлах цэгийг тодорхойлов. Энэ ямар нэгдэл байсан бэ? Хариултаа тайлбарлаарай.

Бодис	А	Б	В	Х+А	Х+Б	Х+В
Хайлах цэг, °С	132	133	134	114-129	132-133	86-99

Бодолт:

Цэвэр бодисын хайлах цэг бүгд 132°С температураас их байгаа тул энэ утгаас үл ялиг бага утганд холимог хайлах ёстой.

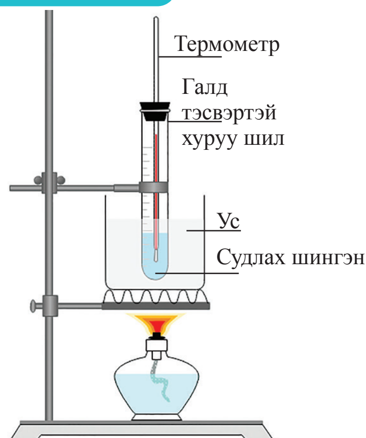
Хэрэв Х бодис нь А бодис байсан бол хайлах цэг 132°С, эсвэл түүнээс үл ялиг бага хэмжигдэж болно. Ийм үр дүн байхгүй тул Х бодис А бодис биш.

Хэрэв Х бодис Б бодис байсан бол мөн адил зүй тогтол илрэх ёстой, өөрөөр хэлбэл Х+Б бодис цэвэр бодис байх тул хайлах цэг тогтмол утгатай гарах байсан. Иймд Х нь Б бодис биш.

Х бодис В бодис байсан бол Х+В холимгийн туршилтын дүн 134°С эсвэл үл ялиг бага гарах ёстой. Ийм туршилтын үр дүн гараагүй учраас Х бодис А, Б, В бодисын аль нь ч биш байна.

Буцлах цэгээр бодисын бохирдолтой эсэхийг тогтоох. Цэвэр химийн бодис нэг температурт буцалдаг бол холимог тодорхой температурын хязгаарт буцалдаг. Цэвэр химийн бодисын буцлах цэгийг лавлах хүснэгтэд өгсөн байдаг. Иймд бодисын бохирдолтой эсэхийг буцлах цэгийг туршилтаар тодорхойлох замаар тогтоож болно.

Туршилт



Зураг 1.2.3. Бодисын буцлах цэгийг тодорхойлох багаж

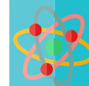
Ацетон (CH_3COCH_3) Буцлах цэг 56°С

Арьсыг цочрооно

Шатамхай шингэн

Асуулт

3. Зураг 1.2.3-т үзүүлсэн туршилтад яагаад усан банн хэрэглэж байна вэ?
4. Этилбензолын буцлах цэг 136°С байдаг. Энэ нэгдлийн буцлах цэгийг зурагт үзүүлсэн туршилтаар тодорхойлж болдоггүй. Яагаад? Хариултаа тайлбарлаарай.



Аливаа химийн бодис бохирдолтой байхын хэрээр түүний буцлах цэг цэвэр бодисынхоос их, тодорхой температурын хязгаарт буцална.

Ийнхүү химийн бодисын хайлах, буцлах цэгийг туршилтаар тогтоосноор тэдгээрийг цэвэр бодис эсвэл холимог эсэхийг тогтоохоос гадна, лавлах хүснэгтийн утга ашиглан ямар бодис болохыг таньж тогтоох боломжтой.

Дасгал

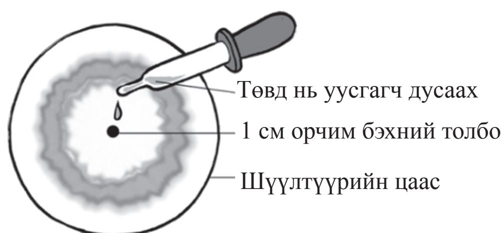
1. Загасны худалдаачид загасаа шинэхэн хэвээр байлгахын тулд мөсөнд хоолны давс нэмдэг. Үүнийг юугаар тайлбарлаж болох вэ?

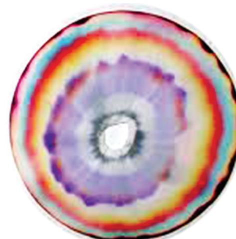
2. Шинжээч метан болон этаны хүчлийн хайлах, буцлах цэгийг туршилтаар тодорхойлж, хүснэгтэд өгсөн үр дүнг гарган авчээ.
   а) Тасалгааны температурт 2 хүчил ямар төлөвтэй байх вэ?
   б) Үл мэдэгдэх нэгэн бодис ойролцоогоор 15°C температурт хайлж, 121°C орчим температурт буцалж байв. Хүснэгтийн өгөгдөлд үндэслэн ямар нэгдэл болохыг тогтоож, хариултаа тайлбарлана уу.

Хүчил	Хайлах цэг, °C	Буцлах цэг, °C
Метаны хүчил	8	101
Этаны хүчил	17	118

Хроматографын арга

Бидний эргэн тойрон дахь ихэнх бодис материал холимгоос тогтдог юм. Холимгийг бүрдүүлж буй бодисуудын физикийн шинж чанарын ялгаанд үндэслэн тэдгээрийг ялгаж салгах олон арга байдаг. Жишээлбэл: холимгийн бүрэлдэхүүн бодис хатуу, шингэн зэрэг өөр төлөвтэй бол шүүх арга, нягтын зөрүүтэй бол центрфугдэх арга, харин буцлах цэг ялгаатай бол нэрэх аргаар холимгийг тус тус ялгаж салгадаг билээ.

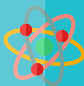




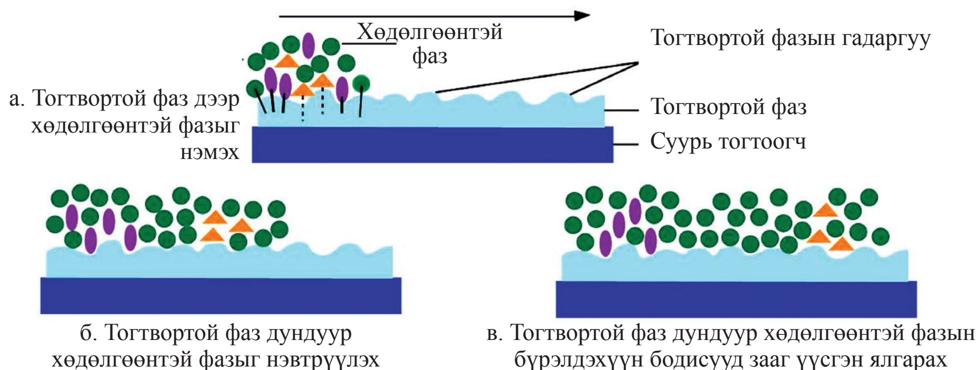
Бэх, хүнсний будаг, фломастер зэрэг түгээмэл хэрэглэгддэг материалууд үргэлж олон өнгийн будагч бодисын холимог байдаг. Шүүлтүүрийн цаасны төв хэсэгт бага зэрэг бэх дусаан толбо хатмагц түүн дээр этанол уусгагчаас аажим дусаахад бэхний толбо аажим тарж, янз бүрийн өнгийн цагариг үүсгэдэг. Цагариг бүр нь бэхэнд шинж чанараараа ялгаатай будагч бодисууд агуулагдаж байгааг илтгэдэг. Янз бүрийн хээ болон өнгөтэй цэцгийг төсөөтэй аргаар хийж болох уу?

Бид энэ удаа холимогт агуулагдаж буй бодисуудыг бие биеэс нь ялгаж салгах аргын нэг болох хроматографын аргатай танилцах болно. Хроматограф гэдэг үг нь Грекийн "chromos" буюу өнгө гэсэн үгнээс гаралтай. Анх 1855 онд Германы химич Ф.Ф.Рунге будагч бодисыг шинжлэхдээ цаас ашиглаж байжээ. Тэрээр химийн бодисоор норгосон тойрог хэлбэрийн шүүлтүүрийн цаасан дээр янз бүрийн органик биш химийн бодисыг дусаахад олон өнгө үүсэж байгааг ажигласан байдаг.

Холимгийн бүрэлдэхүүн бодисын уусах чанар, шингээгдэх чанар (адсорбцлогдох чанар)-ын ялгаан дээр үндэслэн холимгийг ялгаж салгах аргыг **хроматографын арга** гэнэ. Хатуу бодисын гадаргууд бодисын шингээгдэх буюу наалдах чадварыг бодисын **шингээгдэх чанар** буюу **адсорбцлогдох чанар** гэнэ.



Хроматографын аргад тогтвортой фаз ба хөдөлгөөнтэй фаз гэж нэрлэгдэх бодис, материалыг ашигладаг. Тогтвортой фаз нь ихэвчлэн хатуу бодис, хатуу бодист шингээсэн шингэн бодис, харин хөдөлгөөнтэй фаз нь хий эсвэл, шингэн бодис байна (Зураг 1.2.4а).



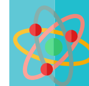
Зураг 1.2.4. Хроматографын аргын зарчим

Хроматографын аргад хөдөлгөөнтэй фазыг тогтвортой фаз дундуур нэвтрүүлэх буюу урсгахад холимог дахь бүрэлдэхүүн бодис нь ялгаатай хурдтайгаар тогтвортой фаз дундуур нэвтэрнэ (Зураг 1.2.4б). Хөдөлгөөнтэй фаз дахь бүрэлдэхүүн бодисууд (жижиг хэсгүүд) тодорхой уусгагчид уусах чанарын ялгаа, тогтвортой фазад наалдах чанарын онцлогоосоо хамааран тогтвортой фаз дундуур харилцан адилгүй зөөгддөг. Хөдөлгөөнтэй фаз нь бүрэлдэхүүн бодисынхоо хамт тогтвортой фаз дундуур зөөгддөг. Холимгийн бүрэлдэхүүн бодисоос тухайн уусгагчид хамгийн сайн уусдаг бодис тогтвортой фаз дундуур илүү хурдан шилжинэ. Бүрэлдэхүүн бодис тогтвортой фазын гадаргууд хэдий чинээ сайн наалдаж байна, төдийчинээ удаан шилжинэ. Иймд тогтвортой фаз дундуур холимог шилжихийн хэрээр холимог дахь бүрэлдэхүүн бодисууд өөр өөр хурдтайгаар шилжиж, тус тусын бүсийг үүсгэдэг (Зураг 1.2.4в).

Хроматографын аргын олон төрөл байдгаас хамгийн энгийн төрөл нь цаасан хроматографын арга юм. Цаасан хроматографын аргыг бэхэн дэх будаг, ургамлын пигмент, уургийн амин хүчлийг ялгаж салгах, эм болон хортон устгалын бодисыг таньж тогтоох, хүнсний бүтээгдэхүүнд хориотой бодисууд байгаа эсэхийг бүртгэх зэрэгт түгээмэл хэрэглэдэг билээ.

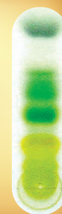
Мэдэхэд илүүдэхгүй

Ихэнх хүнсний будагч бодис хоргүй, эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөө багатай байдаг. Хүнсний зөвшөөрөгдсөн будагч бодисыг E100-E199 кодоор тэмдэглэдэг. Гэхдээ зарим будагч бодис тухайлбал: цитрус улаан 2, улаан 3 (E127), улаан 40 (E129), шар 5 (E102), шар 6 (E105), хөх 1 (E133), хөх 2 (E132), ногоон 3 (E143) нь маш түгээмэл хэрэглэгддэг синтезийн хүнсний будагч бодис боловч хавдар үүсгэгч болдог, эсвэл хавдар үүсгэгч бодисоор бохирддог болохыг тогтоожээ. Эдгээрээс хөх 1 (E133), улаан 40 (E129), шар 5 (E102), шар 6 (E105) нь харшил үүсгэдэг. Түүнчлэн 2009 онд Европын орны судлаачид хүүхдийн хоол хүнсэнд хэрэглэдэг зарим будагч бодис нь булчингийн үйл ажиллагааг хэт идэвхжүүлж, эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлдөг болохыг тогтоосон байна.



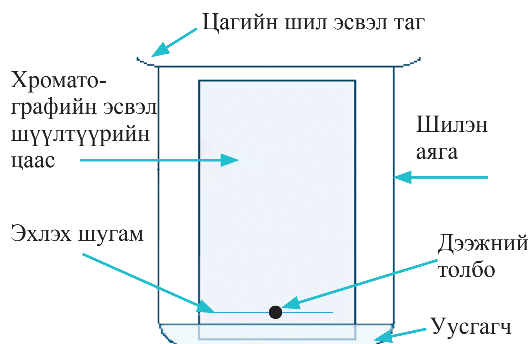
1901 онд Оросын ботаникч Михаил Цвет анх удаа хроматографын аргад кальцийн карбонатыг тогтвортой фаз болгон хэрэглэж ургамлын навчаас өнгө (хлорофилл болон каротеноид)-ийг ялгажээ. Түүний нэр нь ч гэсэн оросоор “Өнгө” гэсэн утгатай. 20 орчим жилийн дараа Английн химич Р.Синж, А.Мартин нар цаасан хроматографын аргыг хөгжүүлж, энэ ажлаараа 1952 онд химийн шинжлэх ухааны Нобелийн шагнал хүртсэн байдаг.

Зурагт ургамлын навчийн хроматограммыг үзүүлжээ.



Цаасан хроматографын арга

Хроматографын цаас ашиглан холимог дахь бүрэлдэхүүн бодисыг тогтоох, ялгаж салгах аргыг **цаасан хроматографын арга** гэнэ. Цаасан хроматографын аргад тогтвортой фаз нь хроматографын цаас эсвэл шүүлтүүрийн цаас, хөдөлгөөнтэй фаз нь тохирох уусгагч эсвэл, уусгагчийн холимог байдаг.

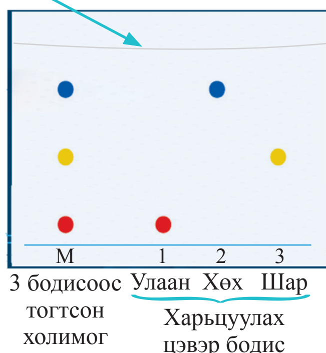


Зураг 1.2.5. Цаасан хроматограмм буулгах багаж

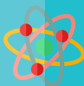
Хроматограмм буулгах аргачлал

1. Хроматографын цаасыг тохирох хэмжээтэй, тэгш өнцөгт хэлбэртэй тайрч бэлтгэн, доод захаасаа 1 см зайтай байхаар шулуун шугамыг харандаагаар тэмдэглэнэ. Үүнийг **эхлэх шугам** гэнэ.
2. Эхлэх шугам дээр дээжийг дусааж толбо тавина.
3. Хроматографын цаасыг тохирох уусгагч бүхий шилэн саванд хананд нь хүргэлгүйгээр байрлуулна.
4. Уусгагчийн түвшин эхлэх шугамаас доор байхаар байрлуулж, таглана.

Уусгагч нь хроматографын цаасан дундуур нэвтрэхдээ холимгийн бүрэлдэхүүн бодисыг хамт зөөдөг. Уусгагч нь хроматографын цаасан дундуур хамгийн хурдан нэвтрэх ба уусгагчийн туулсан хэсгийг **уусгагчийн бариа** гэнэ (Зураг 1.2.6). Холимгийн бүрэлдэхүүн бодис бүр хроматографын цаасанд наалдах чанар, уусгагчид уусах чанараараа ялгаатай учраас чухам аль чанар нь хэр зэрэг давамгайлж байгаагаас хамаарч хроматографын цаасан дундуур туулах зам нь янз бүр байна. Хроматографын цаасанд наалдах чанар ихтэй, уусах чанар багатай бүрэлдэхүүн бодис нь цаасанд наалдах чанар багатай, уусах чанар ихтэй бүрэлдэхүүн бодисоос илүү удаан шилжинэ. Хроматографын цаасны хэмжээ хангалттай их бол уусгагчийн бариа хроматографын цаасны дээд хэсэгт хүрэхэд бүрэлдэхүүн бодис бүрийн өнгө буюу толбо бүрэн үүсдэг. Хроматографын цаасан дээр ялгаран гарсан өнгө бүхий зураглалыг **хроматограмм** гэдэг (Зураг 1.2.6).



Зураг 1.2.6. Цэвэр болон холимог бодисын хроматограмм



Хроматограмм дээрх толбоны өнгө бүр нь тухайн цэвэр бодисыг тодорхойлох ба толбоны өнгөний тоо нь холимог хэдэн бодисоос тогтсоныг харуулдаг. Иймээс харьцуулах цэвэр бодисын хроматограммыг буулгаснаар холимогт ямар бодис агуулагдаж байгааг тогтоох боломжтой юм. Жишээлбэл: зураг 1.2.6-д холимог бодис 3 өөр химийн нэгдэл агуулсан байна.

Асуулт

5. Яагаад зураг 1.2.5-д үзүүлснээр шилэн савыг таглаж байна вэ? Шалтгааныг тайлбарлана уу.
6. Хроматографын цаасыг шилэн савны хананд хүргэж байрлуулж болдоггүйн учир юу вэ?
7. Хроматографын цаасыг усанд биш бидний ахуй амьдралд хэрэглэгддэг ацетон, этанолд дүрвэл хроматограммд өөрчлөлт гарах болов уу? Яагаад?
8. Зураг 1.2.6-д үзүүлсэн улаан, хөх, шар будагч бодисын алиных нь уусах чанар, наалдах чанар хамгийн их вэ?
9. Хроматографын цаасан дээр эхлэх шугамыг яагаад харандаагаар тэмдэглэдэг вэ?

Өнгөгүй бодисын холимгийг ялгах. Цаасан хроматографын аргыг өнгөгүй бодисыг танихад мөн ашиглаж болно. Үүний тулд өнгөгүй бодис нь тодорхой нэгэн урвалжтай урвалд орж, өнгөт нэгдэл үүсгэдэг байх ёстой. Энэхүү урвалжийг **илрүүлэгч урвалж** гэнэ.

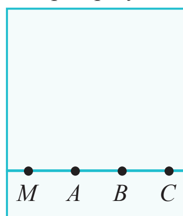
Энд цаасан хроматографитай адил аргачлалыг ашиглан туршилтыг явуулсны дараа хроматографын цаасыг хатааж, илрүүлэгч урвалжаар цаасыг шүршинэ. Илрүүлэгч урвалж нь өнгөгүй толбо үүсгэж байгаа бодистой урвалд орж өнгөт нэгдлийг үүсгэнэ. Ихэнхдээ хроматографын цаасыг зууханд халаасны дараа өнгө үүсдэг. Химийн нэгдлийн бүтэц байгууллаас хамаарч өөр өөр илрүүлэгч урвалж хэрэглэдэг. Жишээлбэл: амин хүчлийн холимгийг ялган танихдаа хроматографын цаасны эхлэх шугам дээр холимог, амин хүчил тус бүрийн уусмалаас дусаана. Хроматографын цаасыг тохирох уусгагчид дүрж хэсэг хугацаанд байлгана. Энэ үед ямар ч толбо хроматографын цаасан дээр ажиглагдахгүй. Хроматограммыг хатааж, дараа нь нингидриний уусмалыг шүршинэ. Ингэхэд нингидрин нь хроматограмм дээр өнгөгүй толбо үүсгэсэн амин хүчилтэй урвалд орж, бор юмуу хөх ягаан өнгийн өнгөт нэгдлүүдийг үүсгэдэг.

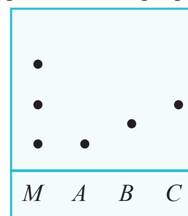
Жишээ дасгал

2. Сурагч Бат өгсөн М холимгийг хроматографын аргаар судлахаар болжээ. Тэрээр М холимог, түүнд агуулагдаж болзошгүй A, B, C цэвэр бодисуудын хроматограммыг буулган авчээ. Хроматограммыг ашиглан дараах асуултуудад хариулна уу.

а) М холимог нь хэдэн бодисоос тогтсон бэ?

б) М холимогт A, B, C бодисууд агуулагдаж байна уу? Хариултаа тайлбарлана уу.

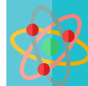




Бодолт

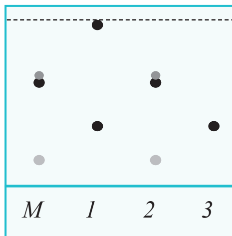
а) Хроматограмм дээрх өнгө бүр цэвэр бодисыг илэрхийлэх учраас М холимгийн хувьд 3 толбо ажиглагдаж байгаа нь 3 бодисоос тогтсон болохыг харуулна.

б) Хроматограмм дээр М холимогт харгалзах 3 өнгийн толбо үүссэнээс 2 толбоны өндөр нь A ба C бодисоос үүссэн толбоны өндөртэй адил байгаа учраас М холимог нь A ба C өнгөт нэгдлийг агуулсан, харин B нэгдлийг агуулаагүй байна.



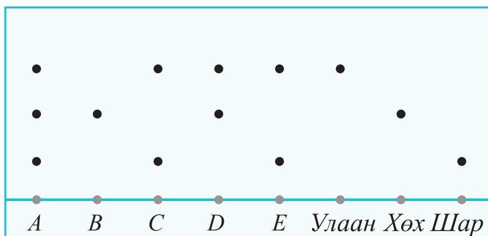
Дасгал

3. Оюунд нэгэн захиа, гурван янзын хөх өнгийн бэх өгчээ. Тэрээр захиаг аль бэхээр бичсэнийг тогтоох даалгавар гүйцэтгэн, зурагт үзүүлсэн хроматограммыг гарган авчээ. Хроматограммыг буулгахдаа захиан дээрх бэхний үүсгэсэн толбыг M үсгээр, хөх бэхнүүдийн үүсгэсэн толбыг 1, 2, 3 тоогоор дугаарласан байна. Туршилтад уусгагчаар усыг авчээ. Хроматограммыг ашиглан дараах асуултад хариулна уу.



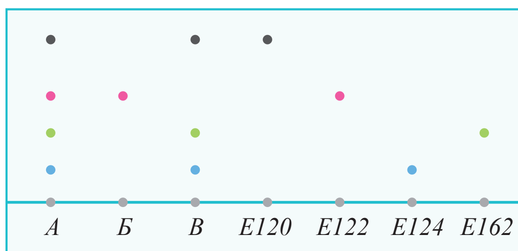
а) Туршилтын дүнгээс захиаг ямар дугаартай бэхээр бичсэнийг тодорхойлно уу.
б) Ямар бэх нь зөвхөн нэг химийн бодисоос тогтсон бэ? Ямар бэх нь холимог бодис вэ?
в) Ямар бэх нь хамгийн олон химийн бодис агуулсан байна вэ? Хариултаа тайлбарлана уу.
г) Хроматограммаас аль бэх усанд хамгийн сайн, аль нь усанд хамгийн муу уусаж байгааг тогтоож, хариултаа тайлбарлана уу.

4. Хроматографын туршилтад 8 будагч бодисыг шүүлтүүрийн цаасан дээр байрлуулжээ. Эдгээрийн гурав нь улаан, хөх, шар гэсэн үндсэн өнгөтэй байв. Харин үлдсэн 5 нь A-E гэсэн дугаартай байв. A-E шошго бүхий бодисуудын хроматограммыг дараах зурагт харуулжээ.

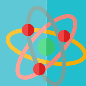


а) Аль будагч бодис нь ганц үндсэн өнгөтэй бодисоос тогтсон байна вэ?
б) Аль будагч бодис нь бүх 3 үндсэн өнгөтэй бодисоос тогтсон байна вэ?
в) Аль үндсэн өнгөтэй бодис нь уусгагчид хамгийн их уусссан байна вэ?

5. Хүнсэнд зөвшөөрөгддөг будгуудыг E үсгээр кодолж ялгадаг билээ. Шөл хийхэд E120, E122, E124, E162 кодтой будагч бодисыг түгээмэл хэрэглэдэг. Нэгэн хоолны газар худалдаанд В шинэ шөлийг гаргахаар болжээ. А, Б, В гэсэн 3 улаан лоолийн шөлнөөс дээж авч хроматограмм буулган зурагт үзүүлсэн үр дүнг гарган авчээ. Шинжээч шинээр гаргаж буй шөлөнд орсон будгууд зөвшөөрөгдсөн болохыг тогтоохоор зорьж, цаасан хроматограмм буулгажээ.



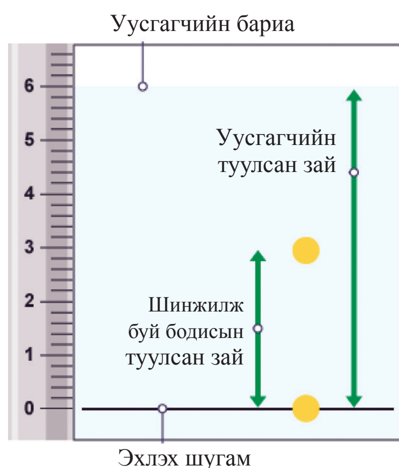
а) Яагаад уусгагчаар усыг авсан бэ?
б) Дээжийг байрлуулсан харандаагаар тэмдэглэсэн эхлэх шугамыг яагаад уусгагчийн түвшнээс дээш байхаар авдаг вэ?
в) Аль шөл бүх E120, E122, E124, E162 будгийг агуулж байна вэ?
г) В шөлөн дэх будаг зөвшөөрөгдөх үү? Хариултаа тайлбарлаарай.
д) Шинжээчийн найз E120 будгийн харшилтай байсан бол аль шөлийг ууж болохгүй вэ?



Баригдах факторыг тодорхойлох. Холимог дахь зарим нэгдлүүд нь уусгагчтай бараг адил зам туулдаг, харин зарим нь эхлэх шугамтай маш ойрхон шилжиж эсвэл бараг шилждэггүй. Шүүлтүүрийн цаасны төрөл, уусгагчийн найрлага тогтмол үед тухайн нэгдэл болон уусгагчийн туулсан зайн харьцаа үргэлж тогтмол байдаг. Хроматограмм дээр ямар бодис байгааг танихдаа уусгагчийн бариатай харьцуулахад эхлэх шугамаас толбо хэр зэрэг хол явсныг илтгэх **баригдах фактор** (R_f)-ыг ашигладаг (Зураг 1.2.7).

$$R_f = \frac{\text{Шинжилж буй бодисын туулсан зай}}{\text{Уусгагчийн туулсан зай}}$$

Баригдах факторын утгыг тооцоолон хүснэгтийн утгатай харьцуулах замаар ямар бодисын толбо үүссэнийг тогтоодог. Гэхдээ нэг бодисын баригдах факторын утга уусгагч бүр дээр ялгаатай байдаг.



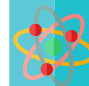
Зураг 1.2.7. Хроматограммд баригдах факторыг тодорхойлох

$$R_f = \frac{1.4}{4.4} = 0.38$$

Ийнхүү цаасан хроматографын аргыг бодисыг таних, хэдэн бодисоос тогтсон холимог болохыг тогтооход хэрэглэхээс гадна холимгийг бүрэлдэхүүн хэсгээр нь ялгаж салгахад ашигладаг. Хроматограмм дээр тухайн нэг бодис ганц л толбо үүсгэвэл бодис цэвэр, харин хоёр буюу түүнээс дээш толбо үүсгэвэл бохирдолтой байна гэж үздэг.

Дэд бүлгийн дүгнэлт

- Бодисыг таньж тогтоохдо, мөн бохирдолтой эсэхийг мэдэхэд түүний хайлах, буцлах цэг болон хроматограмм дээр үүсгэж буй толбоны тоог ашигладаг.
- Бодисын тодорхой уусгагчид уусах чанар, хроматографын цаасанд шингээгдэх чанар хамтдаа бодисуудыг ялгах хроматографын аргын үндэс болдог.
- Хроматограмм дээр ажиглагдсан толбоны тоогоор холимгийн найрлага болон бодисын бохирдолтой эсэхийг тогтоодог бол толбоны өндрөөр ямар химийн бодис болохыг таньж болдог.



1.3. ДАВС ГАРГАН АВАХ, ЦЭВЭРЛЭХ АРГА

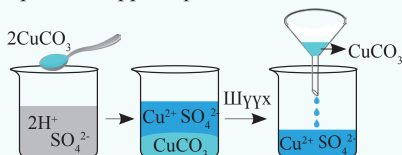
Түлхүүр үг. Титрлэх арга, Стехиометрийн харьцаа, Давсны уусах чанар.

Уусдаг цэвэр давс гарган авахын тулд урвалаар хий болон ус үүсдэг байх хэрэгтэй.

Суурилаг давс + Хүчил → Давс + Хий + Ус

$CuCO_{3(хат)} + H_2SO_{4(уус)} \rightarrow CuSO_{4(уус)} + CO_{2(хий)}\uparrow + H_2O_{(ш)}$

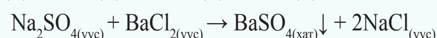
Металл болон металлын карбонатууд усанд уусдаггүй бол илүүдлээр нэмдэг.



Урвалын эцэст үүссэн уусдаггүй хатуу хольц (илүүдэл урвалж)-ыг шүүх аргаар салгаж уусдаг давсыг цэвэрлэнэ.

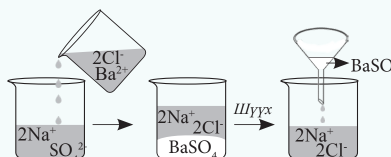
Уусдаггүй цэвэр давс гарган авахын тулд урвалаар уусдаг болон уусдаггүй давс үүсдэг байх хэрэгтэй.

Давс 1 + Давс 2 → Давс 3 + Давс 4



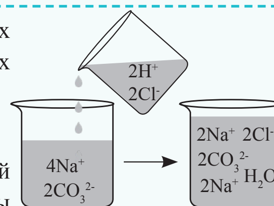
$Na_2SO_{4(уус)} + BaCl_{2(уус)} \rightarrow BaSO_{4(хат)}\downarrow + 2NaCl_{(уус)}$

Урвалаар үүссэн тунадас (уусдаггүй давс)-ыг холимгоос шүүх аргаар салгана.



Натри, кали, аммонийн бүх давснууд усанд сайн уусдаг учир дээрх аргуудаар гарган авахад тохиромжгүй. Натрийн хлорид гарган авах урвалыг авч үзье.

$Na_2CO_{3(хат)} + 2HCl_{(уус)} \rightarrow 2NaCl_{(уус)} + CO_{2(хий)}\uparrow + H_2O_{(ш)}$



Энэ урвалаар уусмалд натрийн хлоридоос гадна урвалд оролгүй илүүдэж үлдсэн натрийн карбонат байх тул хоёр уусдаг давсны холимог үүснэ. Уусдаг давсны холимгийг шүүх аргаар салгаж болохгүй тул давсыг цэвэрээр нь ялгахад хүндрэлтэй. Натри, кали, аммонийн уусдаг давснуудыг ямар аргаар гарган авах вэ?

Уусдаг давс гарган авах арга

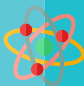
Хүчил суурийн саармагжих урвалаар давс, ус үүсдэг. Иймд эх бодисуудыг үлдэгдэлгүйгээр урвалд оруулснаар уусдаг давсны усан уусмалыг гарган авч ууршуулах аргаар цэвэрлэн цэвэр давс гарган авах боломжтой

Хүчил-суурийн титрлэх арга. Тодорхой концентрацтай хүчлийг (эсвэл суурийг) бүрэн саармагжуулахад зарцуулагдах суурийн (эсвэл хүчлийн) тоо хэмжээг тодорхойлдог аргыг **хүчил-суурийн титрлэх арга** гэнэ.

Жишээлбэл: $H_2SO_{4(уус)} + 2NaOH_{(уус)} \rightarrow Na_2SO_{4(уус)} + 2H_2O_{(ш)}$ урвалын стехиометрийн харьцааг ашиглан тодорхой эзлэхүүнтэй уусмалд агуулагдах хүхрийн хүчлийг бүрэн саармагжуулахад зарцуулагдах NaOH-ын тоо хэмжээг туршилтаар тогтооно.

Титрлэлт гэдэг үг нь "titulus" буюу "гарчиг" гэсэн латин үгнээс гаралтай ба титрлэлтийн үндсэн хэрэгсэл болох бюреткийг анх Ф.Дескроизиль 1791 онд зохион бүтээсэн байдаг. Харин Францын химич Ж.Гей-Люссак юүлэх хоолойтой болгон сайжруулж 1824 онд анх удаа "бюретка", "пипетка" гэсэн нэр томьёог ялгаж өгчээ. Үүний дараа Германы химич К.Мор титрлэх аргын тухай "Lehrbuch der chemisch-analytischen Titrirmethode" (Химийн шинжилгээний титрлэх аргууд) нэртэй сурах бичгийг 1855 онд хэвлүүлж бюреткийг хавчаартай хошуутай болгосон нь эзлэхүүний анализын хөгжилд хийгдсэн чухал дэвшил болсон юм.

а) Ж.Гей-Люссакын, б) К.Морын бүтээсэн бюретка

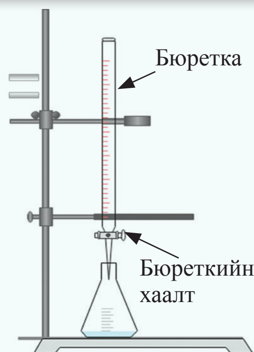


Хүчил суурийн саармагжих урвалын хувьд урвалд орж байгаа болон үүсэж буй нэгдлүүд өнгөгүй тул урвал явагдаж дууссан эсэхийг индикатор ашиглан тодорхойлдог. Титрлэх аргаар уусдаг давс гарган авахын тулд титрлэлт явуулах аргачлалтай танилцъя.

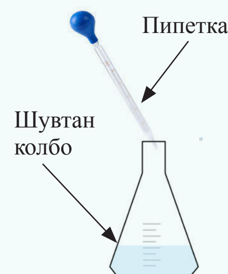
1. Тодорхой концентрац бүхий ажлын уусмал бэлтгэнэ.

*Концентрац нь тодорхой мэдэгдэж байгаа уусмалыг титрант буюу **ажлын уусмал** гэнэ.*

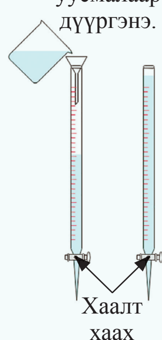
2. Бюреткийг хараны түвшинд байхаар тохируулан зурагт үзүүлсний дагуу штативт бэхлэнэ.

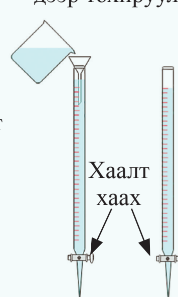


3. Шинжлэх уусмалаас тодорхой эзлэхүүнийг пипеткээр авч шувтан колбонд хийнэ. Уусмалын эзлэхүүнийг тэмдэглэж авна.

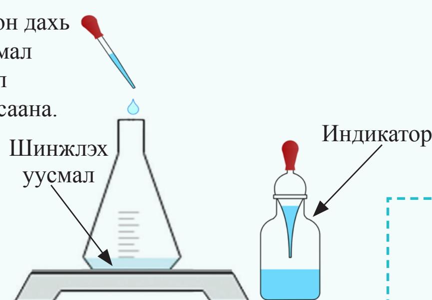


4. Бюреткээ дараалын дагуу ажлын уусмалаар цэнэглэнэ.



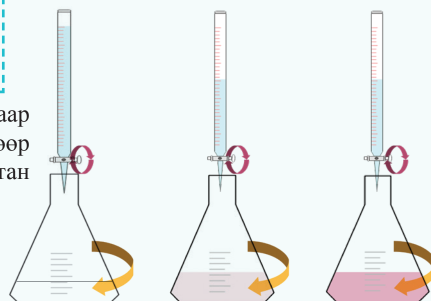


5. Шувтан колбон дахь шинжлэх уусмал дээр 2-3 дусал индикатор дусаана.

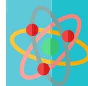


Заавал 0.0 мл хуваарь дээр тохируулах шаардлагагүй. Аль ч бүхэл хуваарь дээр тохируулж болно.

6. Шинжлэх уусмал дээр ажлын уусмалаас дусал дуслаар нэмэн титрлэж уусмалын өнгөний өөрчлөлтөөр төгсгөлийн цэгийг тогтооно. Титрлэх явцдаа шувтан колботой уусмалаа тасралтгүй сэгсэрнэ.



*Эх бодисууд хоорондоо үлдэгдэлгүй урвалд орж дуусах цэгийг **төгсгөлийн цэг** буюу **эквивалент цэг** гэдэг.*



7. Титрлэлтэд зарцуулагдсан ажлын уусмалын эзлэхүүнийг тэмдэглэж авна.
8. Зэрэгцээ 2 титрлэлтэд зарцуулагдсан уусмалын эзлэхүүний зөрүү ±0.1 мл-ээс ихгүй болох хүртэл давтан хийж, сүүлийн хоёр титрлэлтийн дундаж эзлэхүүнийг хэрэглэнэ.

Асуулт

1. Бюретка цэнэглэхдээ яагаад хошууны хийг гаргах хэрэгтэй вэ?
2. Титрлэх үед төгсгөлийн цэг болсныг хэрхэн мэдэх вэ?
3. Яагаад зэрэгцээ хоёр туршилтад зарцуулагдсан ажлын уусмалын эзлэхүүн ±0.1 мл болтол туршилтыг явуулах хэрэгтэй вэ?

Хүчил-суурийн титрлэх аргаар уусдаг давс гарган авах арга нь гурван шаттай.

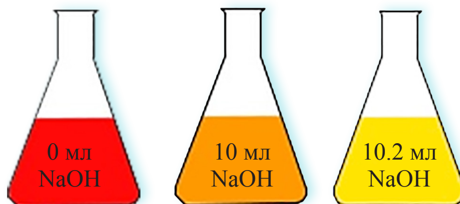
I шат: Хүчлийг (эсвэл суурийг) бүрэн саармагжуулахад шаардлагатай суурийн (эсвэл хүчлийн) уусмалын эзлэхүүнийг индикторын тусламжтай титрлэн тогтооно.

II шат: Индикатор нэмэлгүйгээр I шатыг давтан явуулж, давс гарган авна. Энэ үед зарцуулагдах хүчил, суурийн уусмалын концентрац болон эзлэхүүн I шатныхтай адил байна.

III шат: Гарган авсан давсаа тохирох аргаар цэвэрлэнэ.

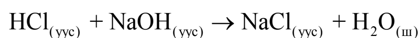
Жишээ дасгал

1. Багш, сурагчид хамтран хүчил-суурийн титрлэх аргыг ашиглан дараах аргачлалаар натрийн хлорид гарган авчээ.



Давсны хүчлийн 15 мл уусмал дээр метилоранж индикатораас дусааж, натрийн гидроксидын 0.5 моль·л$^{-1}$ концентрацтай уусмалаар титрлэхэд нэмж буй суурийн эзлэхүүнээс хамааран уусмалын өнгө зурагт үзүүлсэн байдлаар өөрчлөгджээ. Уусмалын улаан өнгө улбар шард шилжих шилжилт уусмал дахь хүчил бүрэн урвалд орж дууссан болохыг илтгэх тул үлдэгдэлгүйгээр бүрэн саармагжуулахад зарцуулагдсан натрийн гидроксидын эзлэхүүнийг 10 мл гэж тогтоосон. Давсны хүчлийн 15 мл уусмал дээр натрийн гидроксидын 0.5 моль·л$^{-1}$ концентрацтай уусмалаас 10 мл нэмсэн бол үүссэн давсны массыг олно уу.

Бодолт. Явагдсан урвалын тэгшитгэлийг бичиж тэнцүүлнэ.



$$HCl_{(уус)} + NaOH_{(уус)} \rightarrow NaCl_{(уус)} + H_2O_{(ш)}$$

Зарцуулагдсан натрийн гидроксидын тоо хэмжээг олно.

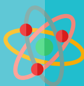
$$n\ (NaOH)=\frac{0.5\ \text{моль NaOH}}{1\ \text{л уусмал}}\cdot 10\ \text{мл уусмал}\cdot\frac{1\ \text{л}}{1000\ \text{мл}}=0.005\ \text{моль}$$

Стехиометрийн харьцаа болон урвалд орсон NaOH-ын тоо хэмжээг ашиглан урвалаас үүссэн давсны тоо хэмжээг олно.

$$n(NaCl)=0.005\ \text{моль NaOH}\cdot\frac{1\ \text{моль NaCl}}{1\ \text{моль NaOH}}=0.005\ \text{моль}$$

Давсны тоо хэмжээнээс түүний массыг тооцоолно.

$$m(NaCl)=0.005\ \text{моль}\cdot\frac{58.5\ \text{г NaCl}}{1\ \text{моль NaCl}}=0.293\ \text{г}$$

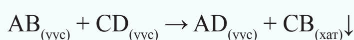


Дасгал

1. Калийн гидроксидын 0.25 моль·л$^{-1}$ концентрацтай 15 мл уусмалыг бүрэн саармагжуулахад зарцуулагдах хүхрийн хүчлийн 0.075 моль·л$^{-1}$ концентрацтай уусмалын эзлэхүүнийг олно уу.
2. $Ca(OH)_2$-ын 0.1 моль·л$^{-1}$ концентрацтай 50 мл уусмалыг бүрэн саармагжуулахад шаардагдах давсны хүчлийн 0.1 моль·л$^{-1}$ концентрацтай уусмалын эзлэхүүнийг олно уу. Үүссэн давсны массыг олно уу.

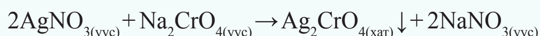
Уусдаггүй давс гарган авах арга

Уусдаггүй давсыг тунадасжих урвалаар гарган авдаг. Хоёр уусмалыг холиход эсвэл уусмал руу хий нэвтрүүлэхэд урвалын дүнд муу уусдаг нэгдэл үүсэж байвал энэ урвалыг **тунадасжих урвал** гэнэ.



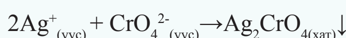
$$AB_{(уус)} + CD_{(уус)} \rightarrow AD_{(уус)} + CB_{(хат)}\downarrow$$

Жишээлбэл: мөнгөний нитратын уусмал дээр натрийн хроматын уусмал нэмэхэд мөнгөний хроматын уусдаггүй давс үүсдэг (Зураг 1.3.1).



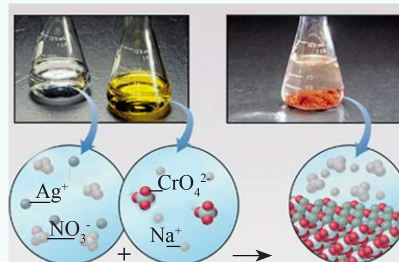
$$2AgNO_{3(уус)} + Na_2CrO_{4(уус)} \rightarrow Ag_2CrO_{4(хат)}\downarrow + 2NaNO_{3(уус)}$$

Ионы тэгшитгэлийг бичвэл:



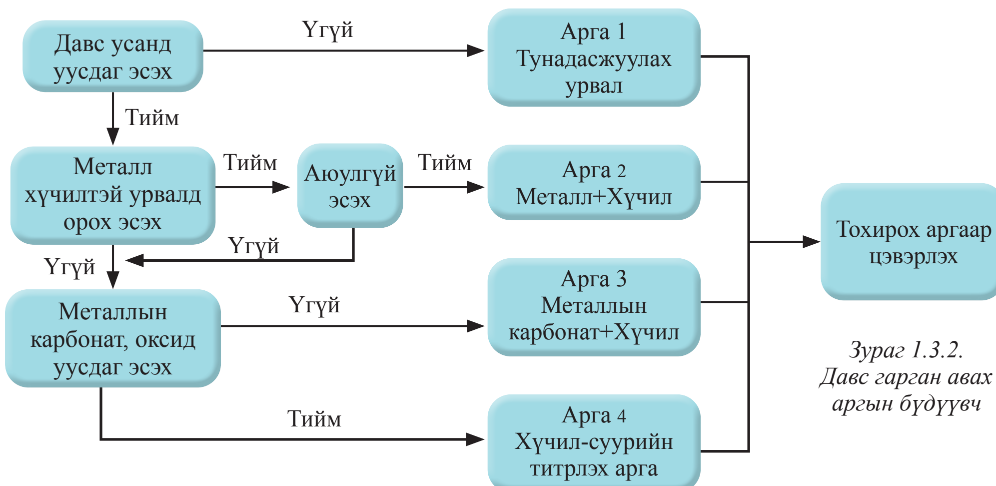
$$2Ag^{+}_{(уус)} + CrO_4^{2-}{}_{(уус)} \rightarrow Ag_2CrO_{4(хат)}\downarrow$$

Тунадасжих урвалыг ихэвчлэн ион таних чанарын урвалд хэрэглэдэг.



Зураг 1.3.1. Мөнгөний нитрат, натрийн хроматын хоорондын урвалаар мөнгөний хромат үүсэх урвал

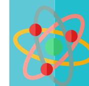
Давс гарган авах аргыг сонгох. Давс гарган авах тохирох аргыг сонгохдоо тухайн давс болон бусад нэгдлүүдийнх нь уусах чанарын ялгаа, туршилтын аюулгүй байдал зэргийг сайтар тооцох хэрэгтэй (Зураг 1.3.2).



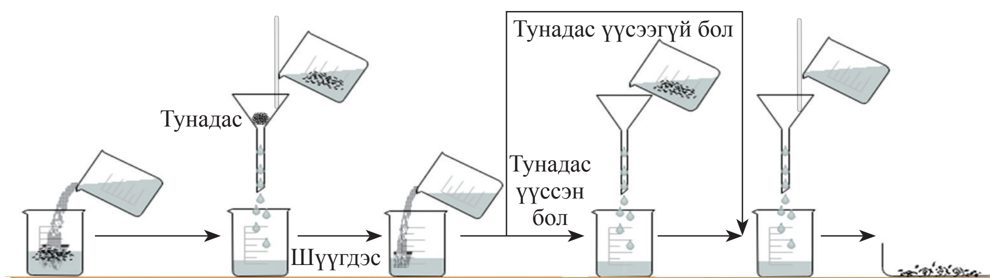
Зураг 1.3.2. Давс гарган авах аргын бүдүүвч

Давс цэвэрлэх арга

Саармагжих болон тунадасжуулах урвалаар гарган авсан давсыг уусгагч, урвалаас үүссэн дагалдах бүтээгдэхүүний хольцоос ялгаж, салгах шаардлагатай байдаг. Уусдаггүй давсыг шүүх, уусдаг давсыг талстжуулах, ууршуулах аргаар, эсвэл тохирох уусгагчаар цэвэрлэнэ.



Шүүх арга. Энэ арга нь гетероген холимог дахь бодисуудыг ялгаж салгахад тохиромжтой бөгөөд нэгдлийн усанд муу уусдаг шинжид үндэслэнэ (Зураг 1.3.3).



а) Хоёр уусмалыг хольж давсаа гарган авна. *б) Тунадсыг шүүнэ.* *в) Тунадас нэмж үүсэх эсэхийг шалгана.* *г) Тунадсыг шүүнэ.* *д) Үл уусдаг давсыг угаана.* *е) Үл уусдаг давсаа хатаана.*

Зураг 1.3.3. Шүүх аргаар уусдаггүй давс цэвэрлэх

(б) шатнаас гарсан шүүгдэст тунадасжуулагч урвалжаас нэмэхэд тунадас (үл уусдаг давс) дахин үүсэж байвал (г) болон (д) шатыг явуулдаг. Тунадас үүсэхгүй тохиолдолд шууд (д) шат руу шилжинэ.

Талстжуулах арга. Уусмалаас уусссан бодисын талст үүсгэх замаар холимгийг ялгаж салгах аргыг **талстжуулах арга** гэдэг. Энэхүү арга нь хатуу бодисын уусах чанар температураас хамааран өөрчлөгддөгт үндэслэнэ.

30 г NaCl | 100 г H_2O | Ханаагүй уусмал

100 г усанд хамгийн ихдээ 35 г NaCl ууна

40 г NaCl | 100 г H_2O | Ханасан уусмал

4 г NaCl уусахгүй үлдэнэ

Зураг 1.3.4. Ханаагүй, ханасан уусмал үүсэх байдал

Бодисын уусах чанар. Химийн бодисууд уусгагчид хязгааргүй уусахгүй. Жишээлбэл: 20°C температурт 100 г усанд 36.0 г-аас илүү NaCl уусахгүй (Зураг 1.3.4). Тодорхой температурт цэвэр бодисын уусгагчид уусаж, ханасан уусмал үүсгэж чадах хамгийн их хэмжээг **уусах чанар** гэдэг. Уусаж чадах дээд хэмжээнээс илүү бодис нэмэхэд хэт ханасан уусмал үүснэ.

Уусах чанарыг 100 г уусгагчид уусаж чадах уусссан бодисын масс [г/100 г уусгагч], мөн 1 л усанд уусаж чадах уусссан бодисын тоо хэмжээ [моль·л$^{-1}$] гэсэн хоёр хэлбэрээр илэрхийлдэг. Уусах чанарыг *УЧ*, эсвэл *s* (**s**olubility) гэж тэмдэглэдэг.

Жишээ дасгал

2. 40°C температурт 50 г усанд 20.05 г калийн хлорид уусаж ханасан уусмал үүсгэдэг бол энэ температурт калийн хлоридын уусах чанарыг а) г/100 г ус, б) моль·л$^{-1}$ нэгжээр илэрхийлнэ үү.

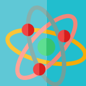
Бодолт

а) $УЧ=\frac{20.05\text{ г}}{50\text{ г ус}}\cdot 100\text{ г ус}=\frac{40.1\text{ г}}{100\text{ г ус}}=40.1\text{ г}/100\text{ г ус}$

б) Усны нягт d=1.0 г·мл$^{-1}$ тул масс нь эзлэхүүнтэйгээ тэнцүү байна.

$$m(H_2O)=d\cdot V=\frac{1\text{ г }H_2O}{\text{мл}}\cdot 50\text{ мл}=50\text{ г}$$

$$УЧ=\frac{20.05\text{ г KCl}}{50\text{ мл ус}}\cdot\frac{1\text{ моль KCl}}{74.5\text{ г KCl}}\cdot\frac{1000\text{ мл ус}}{1\text{ л ус}}=5.38\text{ моль}\cdot\text{л}^{-1}$$



Дасгал

3. 20°C температурт натрийн нитратын уусах чанар 87.6 г/100 г ус байдаг бол ханасан уусмал үүсгэхийн тулд 15 г усанд хэчнээн грамм натрийн нитрат нэмэх вэ?
4. 500 мл усанд $9.62 \cdot 10^{-4}$ г AgCl нэмэхэд мөнгөний хлоридын ханасан уусмал үүсдэг бол уусах чанарыг моль·л$^{-1}$ нэгжээр илэрхийлнэ үү.
5. 20°C температурт $BaSO_4$-ын уусах чанар $1.03 \cdot 10^{-5}$ моль·л$^{-1}$ бол уусах чанарыг г/100 г ус нэгжээр илэрхийлнэ үү.

Талстжуулах аргаар давсыг цэвэрлэхдээ халуун ханасан уусмал үүсгэн түүнийгээ огцом хөргөх замаар ууссан бодисыг ялгаж авдаг (Зураг 1.3.5). Уусмалыг огцом хөргөхөд жижиг ширхэгтэй талст үүсдэг бол аажим хөргөхөд том ширхэгтэй талстаждаг.

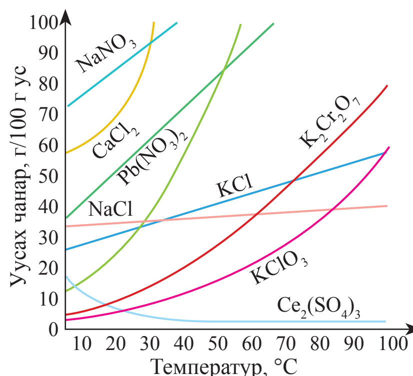
Зураг 1.3.5. Уусдаг давсыг цэвэрлэх талстжуулах арга

Тухайн бодисын уусах чанарын тоон холбогдлоос талстжин буух бодисын массыг тооцоолж болдог ба бодисын уусах чанарын муруйг ашигладаг. Жишээ нь: 100 г усанд 60°C температурт калийн нитрат (KNO_3)-ын уусах чанар 106.0 г, 10°C температурт 21.2 г байна (Зураг 1.3.6). Тэгвэл 60°C температурт байгаа уусмалыг 10°C температуртай болтол огцом хөргөхөд уусмалаас 106.0 г - 21.2 г = 84.8 г давс талстжина.

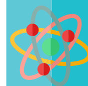
Талстжуулах аргаар цэвэрлэсэн нэгдэл цэвэршлийн зэрэг өндөртэй байдаг ч тодорхой хэмжээний хольц агуулагдаж байдаг. Иймд өндөр цэвэршилтэй давс гарган авахын тулд дахин талстжуулдаг.

Дасгал

6. Уусмалын температурыг а) 80°C-аас 20°C, б) 60°C-аас 40°C болтол бууруулахад 100 г уснаас хэчнээн г KCl тус тус талстжин буух вэ?
7. Калийн хлорат ($KClO_3$)-ын ханасан уусмалын температурыг а) 10°C-аас 30°C хүртэл, б) 10°C-аас 30°C хүртэл нэмэгдүүлэхэд 100 г ус болон 1 л усанд нэмж уусаж чадах калийн хлоратын массыг олно уу.
8. а) KCl ба $Pb(NO_3)_2$, б) $KClO_3$ ба NaCl нэгдлүүдийн 100 г усанд уусах чанар ямар температурт тэнцүү байх вэ?
9. Уусах чанарт температур хамгийн бага нөлөөлж буй нэгдлийг нэрлэнэ үү.



Зураг 1.3.6. Цэвэр бодисын уусах чанарын муруй



Тохирох уусгагчаар шингэнийг ялгаж салгах арга. Хэрэв 2 шингэн өөр хоорондоо уусахгүй бол тос, ус шиг хоёр үе үүсгэх ба үүнийг үл холилдох шингэнүүд гэдэг. Нягт ихтэй шингэн нь доод үед, нягт багатай шингэн нь дээд үед байрлана. Гурав дахь бодисын хоорондоо үл холилдох шингэнүүдэд уусах чанарын зөрүүнд үндэслэн ялгаж салгах боломжтой. Жишээлбэл: адил эзлэхүүнтэй калийн иодидын усан уусмал ба циклогексан авч иодын талст нэмбэл хоёр уусгагчийн өнгө ялгаатай болж байгааг ажиглах болно. Туйлгүй уусгагч болох циклогексаны өнгө (дээд үе) иодын уурын өнгөтэй адил, харин усан үе (доод үе) бараг өнгөгүй байна. Энэ нь туйлгүй иодын молекул туйлтай молекул бүхий усанд уусах чанар багатай, харин туйлгүй молекул бүхий циклогександ уусах чанар ихтэй байгааг илтгэнэ. Хуваагч юүлүүрийн тусламжтай органик үеийг усан үеэс ялгаж салгадаг. Энэ тухай бид 12 дугаар ангид үзэх болно. Циклогексан (Буцлах цэг 81°C)-ы үеийг ялгасны дараа ууршуулан иодыг цэврээр нь гарган авдаг.

Бүтээгдэхүүний гарц ба цэвэршлийн зэрэг

Химийн урвалаар үүсэх бүтээгдэхүүний гарц нь тухайн аргын болон үйлдвэрлэлийн эдийн засгийн ашгийг тодорхойлдог чухал хэмжигдэхүүн юм. Бүтээгдэхүүний гарцыг туршилтаар гарган авсан бүтээгдэхүүний масс буюу туршилтын массыг химийн урвалаар үүсэх ёстой онолын массад харьцуулан хувиар илэрхийлнэ.

$$\text{Бүтээгдэхүүний гарц}\left(\%\right)=\frac{\text{Туршилтын масс, г}}{\text{Онолын масс, г}}\cdot 100\%$$

Үүсэх бүтээгдэхүүний гарц үргэлж 100%-аас бага байдаг ба энэ нь дараах шалтгаантай. Үүнд:

1. Бүтээгдэхүүнийг хольцоос нь цэвэрлэх үед алдагдах,
2. Нэг савнаас нөгөөд шилжүүлэх үед алдагдах,
3. Урвалд орж буй эх бодисууд урвалд бүрэн ороогүй, эсвэл хольц агуулсан байх.

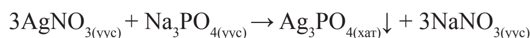
Бүтээгдэхүүний онолын массыг стехиометрийн харьцаанаас тооцоолох ба хоёроос дээш бодис урвалд орж байгаа тохиолдолд онолын массыг хязгаарлагч урвалжийн тусламжтайгаар тооцоолно.

Жишээ дасгал

3. $AgNO_3$-ын 0.5 моль·л$^{-1}$ концентрацтай 51 мл уусмалыг Na_3PO_4-ын 0.5 моль·л$^{-1}$ концентрацтай 50 мл уусмалтай хольж, урвал бүрэн явагдсаны дараа үүссэн Ag_3PO_4 давсыг шүүж цэвэрлээд хатаажээ. Хатаасан давсны масс 3.01 г байсан бол бүтээгдэхүүний гарцыг бодож олоорой.

Бодолт

Алхам 1. Урвалын тэгшитгэлийг бичиж тэнцүүлнэ.

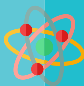


$$3AgNO_{3(уус)} + Na_3PO_{4(уус)} \rightarrow Ag_3PO_{4(хат)}\downarrow + 3NaNO_{3(уус)}$$

Алхам 2. Эх бодисуудын молийг олно.

$$n(AgNO_3)=\frac{0.5\text{ моль }AgNO_3}{1\text{ л уусмал}}\cdot 51\text{ мл уусмал}\cdot\frac{1\text{ л}}{1000\text{ мл}}=0.0255\text{ моль }AgNO_3$$

$$n(Na_3PO_4)=\frac{0.5\text{ моль }Na_3PO_4}{1\text{ л уусмал}}\cdot 50\text{ мл уусмал}\cdot\frac{1\text{ л}}{1000\text{ мл}}=0.025\text{ моль }Na_3PO_4$$



Алхам 3. Эх бодисуудын молийн харьцааг олж, урвалын тэгшитгэлийн стехиометрийн харьцаатай харьцуулна. Эх бодисуудын молийн харьцаа:

$$0.0255 \text{ моль} : 0.025 \text{ моль} = 1\ AgNO_3 : 1\ Na_3PO_4 \text{ байна.}$$

Харин стехиометрийн харьцаа 3 $AgNO_3$:1 Na_3PO_4 байна. Иймд стехиометрийн харьцаа ёсоор 1 $AgNO_3$:0.33 Na_3PO_4 гэсэн харьцаагаар урвал бүрэн явагдана.

Химийн урвал явагдаж дуусахад бүрэн урвалд орж урвалын бүтээгдэхүүний онолын массыг тодорхойлдог урвалжийг ***хязгаарлагч урвалж*** *гэнэ.*

Энэ урвалын хувьд $AgNO_3$ бүрэн урвалд орж байгаа тул хязгаарлагч урвалж болно. Харин Na_3PO_4 илүүдэж үлдэнэ.

Алхам 4. Хязгаарлагч урвалжийн тоо хэмжээнээс үүсэх бүтээгдэхүүний массыг олно.

$$m(Ag_3PO_4)=0.0255 \text{ моль } AgNO_3 \cdot \frac{1 \text{ моль } Ag_3PO_4}{3 \text{ моль } AgNO_3} \cdot \frac{418.57 \text{ г } Ag_3PO_4}{1 \text{ моль } Ag_3PO_4} = 3.56 \text{ г } Ag_3PO_4$$

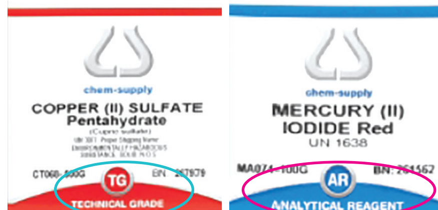
Алхам 5. Бүтээгдэхүүний гарцыг тооцоолно.

$$\text{Бүтээгдэхүүний гарц}(\%) = \frac{3.01 \text{ г}}{3.56 \text{ г}} \cdot 100 = 84.6\%$$

Дасгал

10. Судлаач 4.6 г калийн нитратыг гарган авахаар зорьж титрлэлтийг явуулжээ. Бүтээгдэхүүний гарц 94.5% байсан бол туршилтаар хэчнээн грамм давс гарган авсан бэ?
11. 5.3 г натрийн карбонатыг илүүдэл хүхрийн хүчлээр үйлчлэн натрийн сульфат гарган авчээ. Туршилтаар гарган авсан давсны масс 6.9 г байсан бол бүтээгдэхүүний гарцыг тооцоолно уу.
12. Хүхрийн хүчлийн 1 $\text{моль}\cdot\text{л}^{-1}$ концентрацтай 10 мл уусмал руу 2 г зэсийн карбонат нэмж 1.4 г давс гарган авсан бол хязгаарлагч урвалжийг нэрлэж, үүссэн давсны гарцыг тооцоолно уу.
13. 0.2 $\text{моль}\cdot\text{л}^{-1}$ концентрацтай барийн хлоридын 25 мл уусмалыг 0.3 $\text{моль}\cdot\text{л}^{-1}$ концентрацтай хүхрийн хүчлийн 20 мл уусмалтай хольж, барийн сульфат гарган авчээ. Гарган авсан тунадсыг шүүж хатаахад 0.86 г байсан бол бүтээгдэхүүний гарцыг олно уу.

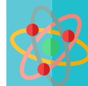
Ихэнх тохиолдолд химийн урвал нь эргэх урвал байдаг, эсвэл урвал бүрэн явагдаагүй, үндсэн бүтээгдэхүүнээс гадна дагалдах бүтээгдэхүүн үүсдэг зэргээс шалтгаалан урвалаар гарган авсан бүтээгдэхүүн хольцтой байдаг. Иймд гарган авсан бүтээгдэхүүний цэвэршлийн зэргийг тогтоож угаах, дахин талстжуулах аргаар цэвэрлэдэг. Бүтээгдэхүүний цэвэршлийн зэрэг нь туршилтаар гарган авсан бүтээгдэхүүн буюу бүх дээжид агуулагдах цэвэр бодисын массын хувиар илэрхийлэгддэг.



Зураг 1.3.7. Бодисын шошгон дээрх цэвэршлийн зэргийн тэмдэглэгээ

$$\text{Цэвэршлийн зэрэг}(\%) = \frac{\text{Цэвэр бодисын масс, г}}{\text{Дээжийн нийт масс, г}} \cdot 100\%$$

Бодисын цэвэршлийн зэргийн үзүүлэлтийг бодисын шошгон дээрх тэмдэглэгээ илэрхийлдэг (Зураг 1.3.7). Цэвэршлийн зэрэг өндөртэй бол “аналитикийн цэвэр”, хамгийн бага бол “техникийн цэвэр” гэсэн тэмдэглэгээтэй байдаг.



Жишээ дасгал

4. Хүчил-суурийн титрлэх аргаар 3.40 г калийн хлорид гарган авчээ. Давсыг дахин талстжуулан цэвэрлэсний дараа 3.29 г масстай болсон бол гарган авсан анхны давсны цэвэршлийн зэргийг тооцоолно уу.

Бодолт

Алхам 1. Дээжийн массыг тогтооно: m(дээж)=3.40 г

Алхам 2. Дээж дэх цэвэр бодисын массыг тогтооно: m(цэвэр бодисын масс)=3.29 г

Алхам 3. Цэвэр бодисын массыг дээжийн масстай харьцуулан 100-аар үржүүлж, цэвэршлийн зэргийг хувиар олно.

$$\text{Цэвэршлийн зэрэг (\%)} = \frac{3.29\ \text{г}}{3.40\ \text{г}} \cdot 100 = 96.8\%$$

Асуулт

4. Бодисын цэвэршлийн зэрэг юуг илэрхийлдэг вэ? Бүтээгдэхүүний гарцаас ямар ялгаатай вэ?
5. Бодисын цэвэршлийн зэрэг 100%-аас бага байдаг шалтгаан юу вэ? Бохирдлын шалтгааныг тоочно уу.

Дасгал

14. CuS, K_2SO_4, $CaCl_2$, $ZnSO_4$, PbI_2 давснуудыг гарган авах хамгийн тохиромжтой арга болон эх бодисуудыг нэрлэнэ үү.

15. Калийн сульфат гарган авах туршилтын бүдүүвчийг зурж, шат бүрийн дор шаардлагатай тэмдэглэгээг хийнэ үү.

а) 1-р шатанд KOH-ын 1 моль·л$^{-1}$ концентрацтай 250 мл ажлын уусмал бэлтгэсэн бол хэчнээн грамм KOH жинлэж авсан бэ?

б) 2-р шатанд 30 мл хүчлийн уусмалыг KOH-ын уусмалаар титрлэхэд 30 мл зарцуулагджээ. 3-р шатанд 30 мл хүчлийн уусмал руу 30 мл KOH-ын уусмал нэмж давс гарган авсан бол хүхрийн хүчлийн молийн концентрацыг олно уу.

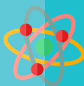
в) Гарган авсан давсаа ямар аргаар цэвэрлэх вэ? Хариултаа тайлбарлаарай.

г) Урвалын дүнд 2.26 г давс гарган авсан бол үүссэн давсны гарцыг олно уу.

д) 98.2% цэвэршлийн зэрэг бүхий давсыг гарган авсан бол дээжид агуулагдаж буй калийн сульфатын массыг олж бохирдлын шалтгааныг хэлэлцэнэ үү.

Дэд бүлгийн дүгнэлт

- Давс гарган авах, хольцоос цэвэрлэх аргыг сонгохдоо гарган авах давсны уусах чанарт үндэслэдэг.
- Бүтээгдэхүүний гарц нь үйлдвэрлэлийн эдийн засгийн ашгийг тодорхойлдог бол цэвэршлийн зэрэг нь бүтээгдэхүүний чанарын гол үзүүлэлт болдог.



1.4. ИОН БА ХИЙГ ТАНИХ АРГА

Түлхүүр үг. Чанарын урвал, Тооны анализ, Чанарын анализ, Дөлний өнгө.

Химийн чанарын анализ

Уусмалын хүчиллэг, суурилаг чанарыг төрөл бүрийн индикатор ашиглан таньж мэддэг. Дээжид ус агуулагдаж буй эсэхийг усгүй зэсийн сульфат, кобальтын хлорид зэрэг давсны өнгөний өөрчлөлтөөр тогтоодог.

Хүрэн өнгөтэй бромын усны өнгийг арилгадаг өвөрмөц шинжээр нь ханаагүй холбоотой нүүрсустөрөгчийг ханасан нүүрсустөрөгчөөс ялгадаг. Энэ нь ханаагүй нүүрсустөрөгчийг таних чанарын урвал юм.

Хүний цусан дахь спиртийн агууламжийг түүний исэлдэх урвалд үндэслэн тодорхойлдог. Дээжин дэх бодисын тоо хэмжээг тодорхойлох шинжилгээг тооны ***анализ*** *гэнэ.*

Химийн анализ нь органик биш болон органик бодисыг таньж тогтоох (чанарын анализ), тухайн дээжид агуулагдах бодисын тоо хэмжээг тодорхойлох (тооны анализ) зорилготой. Өгсөн ионыг тодорхой урвалжаар үйлчлэн үүссэн хий, тунадасны өнгө, үнэр, уусах чанар зэрэг онцлог шинжид нь үндэслэн таних урвалыг **чанарын урвал** гэнэ. Химийн бодист агуулагдаж буй анион, катионыг хэрхэн таних вэ?

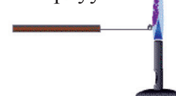
Катионыг таних арга

Ихэнх хатуу бодис цагаан өнгөтэй, нунтаг байдаг учраас хараад таньж ялгах боломжгүй. **Дөлний өнгийг шалгах арга.** Үелэх хүснэгтийн I бүлэг, II бүлгийн зарим металлууд дөлний өнгийг содон өнгөөр буддаг. Иймд дөлний өнгөөр нь өгсөн химийн бодист агуулагдаж буй металлын ионыг таньдаг (Зураг 1.4.1).

Туршилт

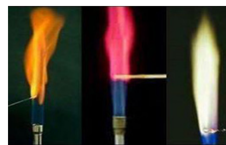
1. Спиртэн дэн эсвэл Бунзений халаагуурын дөлөнд барьж, нихром утсыг халаана.
2. Нихром[1] утасны гадаргуут цэвэрлэх зорилгоор бага зэрэг концентрацтай давсны хүчилд дүрнэ.
3. Нихром утсыг тодорхойлох гэж буй бодисын нунтагт дүрнэ.
4. Давсыг дөлний дээд ирмэгт барьж, илрэх өнгийг ажиглана.

[1] Нихром утас нь хайлах цэг өндөр (1400°C)-тэй, Ni, Cr, Fe зэрэг металлаас тогтсон хайлш учраас өндөр температурт дөлний өнгийг өөрчилдөггүй.

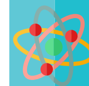


Li^{+}	Улаан
Na^{+}	Шар
K^{+}	Хөх ягаан
Rb^{+}	Тод хөх ягаан

Ca^{2+}	Тоосгон улаан
Sr^{2+}	Улаан хүрэн
Ba^{2+}	Цайвар ногоон



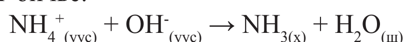
Зураг 1.4.1. Зарим металлын ионы дөлний өнгө



Мэдэхэд илүүдэхгүй

Атомын спектроскопийн аргаар дээжид агуулагдаж байгаа тухайн атом эсвэл ионыг таньж, тоо хэмжээг нь тодорхойлдог. Металлын ионыг энергиэр үйлчлэхэд түүний гадаад давхраанд электроны шилжилт болж тодорхой давтамжтай гэрлийг цацарган дөлийг өвөрмөц өнгөөр буддаг байна. Энэ шинжийг ашиглан дээжид агуулагдах металлын ионыг таньдаг.

Чанарын урвалаар таних арга. Аммонийн ион (NH_4^+) агуулсан давс бүгд усанд уусдаг. Иймд аммонийн ион агуулсан эсэхийг таньж тогтоохдоо усанд уусаж байгаа эсэхийг эхлээд шалгана. Дараа нь давсны уусмалд бага зэрэг натрийн гидроксидын уусмал нэмж, холимгийг зөөлөн халаана. Өвөрмөц үнэртэй аммиакийн хий ялгарах ба хуруу шилний амсарт усаар норгосон улаан лакмусын цаасыг байрлуулахад аммиак уусаж, цаасыг хөх өнгөтэй болгодог. Явагдах ионы тэгшитгэлийг бичье.



$$NH_4^+{}_{(уус)} + OH^-_{(уус)} \rightarrow NH_{3(х)} + H_2O_{(ш)}$$

Уусдаг хоёр ионт нэгдлийн уусмалыг холиход солилцох урвал явагддаг. Усан уусмалд ионт нэгдлүүд нь катион, анион үүсгэн ионлогдож, өөр хоорондоо мөргөлдсөнөөр шинэ нэгдэл үүсэх боломжтой болно. Уусдаггүй бодис үүссэн тохиолдолд хуруу шилний ёроолд тунадасжиж бууна.

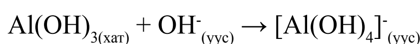
Үелэх хүснэгт дэх шилжилтийн металлуудын уусдаг давс бүгд натрийн гидроксидтой харилцан үйлчилж уусдаггүй, өнгөтэй тунадас үүсгэдэг. Тунадасны өнгө болон илүүдэл урвалж (NaOH)-д уусаж байгаа эсэхээр металлын ионыг таньдаг. Ерөнхий ионы тэгшитгэлийг бичвэл $M^{n+}_{(уус)} + n(OH^-)_{(уус)} \rightarrow M(OH)_{n(хат)}$

Үл мэдэгдэх металлын ион агуулсан уусмал руу натрийн гидроксидын уусмалыг нэмэхэд дараах үндсэн өөрчлөлтүүд ажиглагддаг. Үүнд:

1. Тунадас буухгүй бол катионыг дөлний өнгөөр танина.
2. Цагаан өнгөтэй тунадас буувал Mg^{2+}, Zn^{2+}, Al^{3+}, Pb^{2+} ион байх боломжтой. Натрийн гидроксидыг илүүдлээр нэмбэл $Al(OH)_3$-ын тунадас уусдаг.

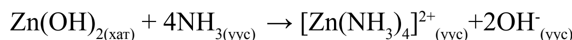
Санамж

$Al(OH)_3$, $Zn(OH)_2$ нь амфотер шинж чанартай тул хүчил, суурийн аль алинтай нь урвалд орно.



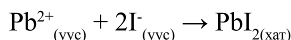
$$Al(OH)_{3(хат)} + OH^-_{(уус)} \rightarrow [Al(OH)_4]^-_{(уус)}$$

$Zn(OH)_2$ тунадас концентрацтай аммиакийн уусмал нэмэхэд уусаж дараах урвал явагддаг.



$$Zn(OH)_{2(хат)} + 4NH_{3(уус)} \rightarrow [Zn(NH_3)_4]^{2+}_{(уус)} + 2OH^-_{(уус)}$$

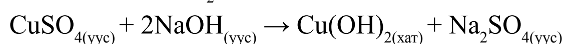
$Mg(OH)_2$, $Pb(OH)_2$-ийн тунадас илүүдэл NaOH, $NH_{3(уус)}$-ын алинд ч уусдаггүй. Иймучраас Mg^{2+}, Pb^{2+} ионыг калийн иодидын уусмал нэмж хартугалганы иодидын шар өнгийн тунадас үүсэх урвалаар ялган таньдаг.



$$Pb^{2+}_{(уус)} + 2I^-_{(уус)} \rightarrow PbI_{2(хат)}$$

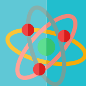
3. Өнгөтэй тунадас үүсгэсэн тохиолдолд өнгөөр нь ямар металлын катион агуулагдаж байгааг ялган таньдаг.

а) Зэсийн ионыг агуулсан давс ($CuSO_4$, $CuCl_2$, $Cu(NO_3)_2$ гэх мэт)-ны уусмалд натрийн гидроксидын уусмал нэмэхэд $Cu(OH)_2$-ын цайвар хөх өнгийн тунадас буудаг.

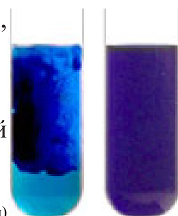


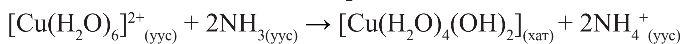
$$CuSO_{4(уус)} + 2NaOH_{(уус)} \rightarrow Cu(OH)_{2(хат)} + Na_2SO_{4(уус)}$$

Ионы тэгшитгэлийг бичвэл: $Cu^{2+}_{(уус)} + 2(OH^-)_{(уус)} \rightarrow Cu(OH)_{2(хат)}$



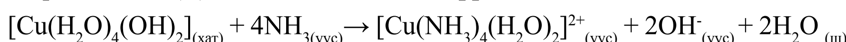
б) Усан уусмал дахь Cu^{2+} ион аммиакийн уусмалтай харилцан үйлчилж, эхлээд цэнхэр өнгийн $Cu(OH)_2$ тунадас үүсгэнэ.





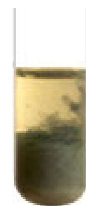
$$[Cu(H_2O)_6]^{2+}{}_{(уус)} + 2NH_{3(уус)} \rightarrow [Cu(H_2O)_4(OH)_2]_{(хат)} + 2NH_4^+{}_{(уус)}$$

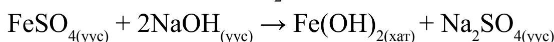
Үүссэн тунадас илүүдэл аммиакийн уусмалд уусаж, гүн хөх өнгөтэй тетраамин зэс (II)-ийн комплекс ионыг үүсгэдэг.



$$[Cu(H_2O)_4(OH)_2]_{(хат)} + 4NH_{3(уус)} \rightarrow [Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]^{2+}{}_{(уус)} + 2OH^-{}_{(уус)} + 2H_2O_{(ш)}$$

Төмөр (II) ионыг агуулсан давс ($FeSO_4$, $FeCl_2$ гэх мэт)-ны уусмалд натрийн гидроксидын уусмал нэмэхэд $Fe(OH)_2$-ын ногоон өнгийн тунадас буудаг.

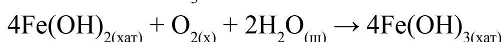




$$FeSO_{4(уус)} + 2NaOH_{(уус)} \rightarrow Fe(OH)_{2(хат)} + Na_2SO_{4(уус)}$$

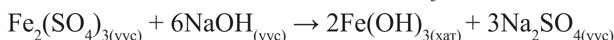
Ионы тэгшитгэлийг бичвэл: $Fe^{2+}{}_{(уус)} + 2(OH^-)_{(уус)} \rightarrow Fe(OH)_{2(хат)}$

Үүссэн $Fe(OH)_{2(хат)}$ тунадасны гадаргуу агаарын хүчилтөрөгчийн нөлөөгөөр исэлдэж $Fe(OH)_3$-ийн улаан бор өнгөөр хучигддаг.



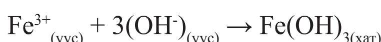
$$4Fe(OH)_{2(хат)} + O_{2(х)} + 2H_2O_{(ш)} \rightarrow 4Fe(OH)_{3(хат)}$$

Төмөр (III) ионыг агуулсан давс ($Fe_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ гэх мэт)-ны уусмалд натрийн гидроксидын уусмал нэмэхэд $Fe(OH)_3$-ын улаан бор өнгийн тунадас буудаг.



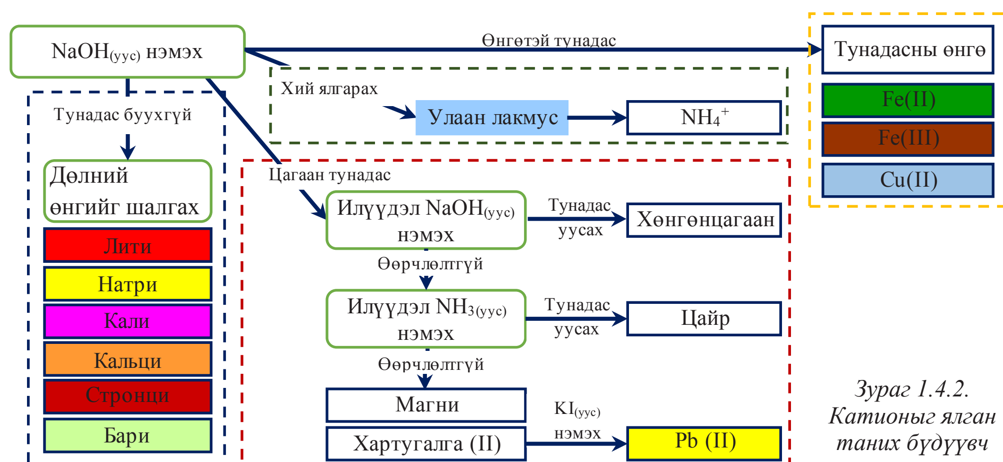
$$Fe_2(SO_4)_{3(уус)} + 6NaOH_{(уус)} \rightarrow 2Fe(OH)_{3(хат)} + 3Na_2SO_{4(уус)}$$

Ионы тэгшитгэлийг бичвэл



$$Fe^{3+}{}_{(уус)} + 3(OH^-)_{(уус)} \rightarrow Fe(OH)_{3(хат)}$$

Ийнхүү шүлтийн болон газрын шүлтийн металлын ион, хөнгөнцагаан (III), төмөр (II), төмөр (III), зэс (II), цайр (II), хартугалга (II) зэрэг катионыг дөлний өнгө болон натрийн гидроксидын уусмалтай харилцан үйлчлэх төрхөөр нь ялган таньж болно (Зураг 1.4.2).

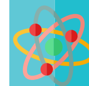


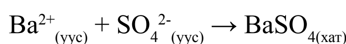
Зураг 1.4.2. Катионыг ялган таних бүдүүвч

Анионыг таних арга

Энэ хэсэгт бид Cl^-, Br^-, I^-, OH^-, CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, SO_3^{2-}, NO_3^- зэрэг анионыг таних чанарын урвалыг авч үзнэ.

Барийн хлоридын уусмалаар үйлчлэх. Барийн ион (Ba^{2+}) нь усан уусмалд CO_3^{2-}, SO_4^{2}, SO_3^{2-} зэрэг ионуудтай харилцан үйлчилж, цагаан өнгийн тунадас үүсгэдэг. Барийн сульфатын тунадас үүсэх ионы тэгшитгэлийг жишээлэн харууллаа.

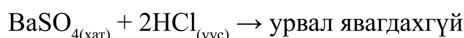




$$Ba^{2+}_{(уус)} + SO_4^{2-}{}_{(уус)} \rightarrow BaSO_{4(хат)}$$

Эдгээр ионыг өөр хоорондоо нь ялган танихын тулд үүссэн цагаан тунадсыг сулруулсан давсны хүчлийн уусмалаар үйлчилнэ. Дараах гурван урвал явагдах боломжтой.

1. Тунадас уусахгүй бол эх уусмалд сульфат ион агуулагдана.



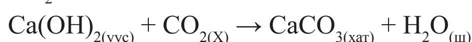
$$BaSO_{4(хат)} + 2HCl_{(уус)} \rightarrow \text{урвал явагдахгүй}$$

2. Тунадас эрчимтэй уусаж хий ялгаруулж байвал CO_3^{2-} ион агуулагдаж байгааг илэрхийлнэ. Явагдах урвалын болон ионы тэгшитгэлийг бичвэл:

$$BaCO_{3(хат)} + 2HCl_{(уус)} \rightarrow BaCl_{2(уус)} + CO_{2(х)} + H_2O_{(ш)}$$

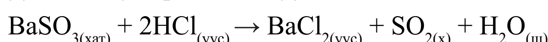
$$CO_3^{2-}{}_{(хат)} + 2HCl_{(уус)} \rightarrow 2Cl^{-}{}_{(уус)} + CO_{2(х)} + H_2O_{(ш)}$$

Үүссэн хийг шохойн усан дундуур нэвтрүүлэн сүүн цагаан өнгөтэй тунадас үүсэж байгаагаар нь CO_2 хий болохыг танина.



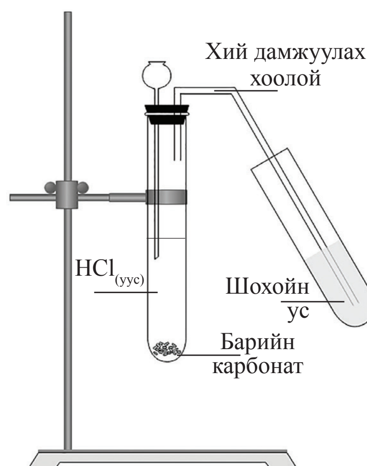
$$Ca(OH)_{2(уус)} + CO_{2(Х)} \rightarrow CaCO_{3(хат)} + H_2O_{(ш)}$$

3. Тунадас нь хий үүсгэлгүйгээр уусаж байвал уусмалд сульфит ион агуулагдана.



$$BaSO_{3(хат)} + 2HCl_{(уус)} \rightarrow BaCl_{2(уус)} + SO_{2(х)} + H_2O_{(ш)}$$

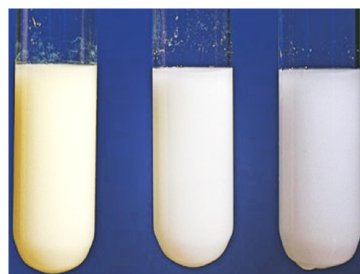
Сульфит ионыг давсны хүчлийн оролцоотой калийн перманганатын уусмал нэмэхэд өнгөгүй болдог шинжээр нь мөн таньдаг.



$$5Na_2SO_{3(уус)} + 2KMnO_{4(уус)} + 6HCl_{(уус)} \rightarrow 5Na_2SO_{4(уус)} + 2KCl_{(уус)} + 2MnCl_{2(уус)} + 3H_2O_{(ш)}$$

Азотын хүчлээр хүчиллэгжүүлсэн мөнгөний нитратын уусмалаар үйлчлэх. Эх уусмал дээр барийн хлоридын уусмал нэмэхэд тунадас буухгүй бол азотын хүчлээр хүчиллэгжүүлсэн мөнгөний нитратын уусмал нэмнэ.

$AgNO_3$-ын уусмал дахь Ag^+ нь галид ион (X^-: Cl^-, Br^-, I^-), CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, SO_3^{2-} зэрэг ионтой харилцан үйлчилж, тунадас үүсгэдэг учраас CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, SO_3^{2-} ионыг эхлээд барийн хлоридын уусмалаар таньж тогтоодог.



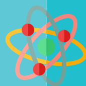
Шар өнгөтэй $AgI_{(хат)}$ | Цайвар шар өнгөтэй $AgBr_{(хат)}$ | Цагаан өнгөтэй $AgCl_{(хат)}$

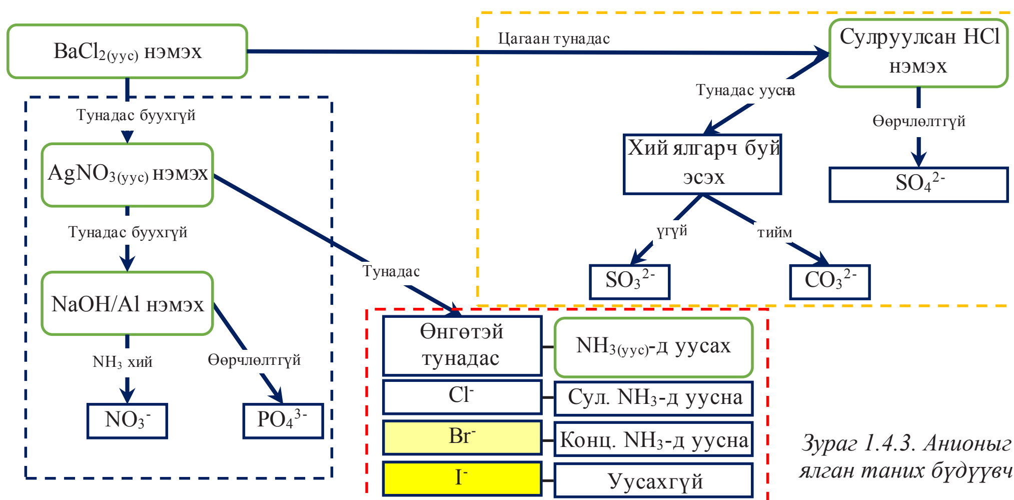
Галид ионыг мөнгөний ионтой үүсгэсэн тунадасны өнгөөр ялган таньдаг. $Ag^+_{(уус)} + X^-_{(уус)} \rightarrow AgX_{(хат)}$

Үүссэн тунадасны өнгийг ялган танихад төвөгтэй учраас тунадсанд аммиакийн уусмал нэмж AgCl сулруулсан аммиакийн уусмалд, AgBr концентрацтай аммиакийн уусмалд уусаж, харин AgI алинд нь ч уусахгүй байгаагаар нь ялган таньдаг. AgCl, AgBr, AgI тунадас нь гэрлийн нөлөөгөөр харлаж задрах урвалд ордог.

Натрийн гидроксид ба хөнгөнцагааны нунтгаар үйлчлэх. Хэрэв үл мэдэгдэх анион агуулсан уусмал нь $BaCl_2$, $AgNO_3$-тай тунадас үүсгэхгүй бол натрийн гидроксид ба хөнгөнцагааны нунтгийг нэмнэ. Үүссэн холимгийг халааж, хуруу шилний амсар дээр улаан лакмусын нойтон цаас байрлуулахад хөх өнгөтэй болж байвал нитрат ион, өнгөө өөрчлөхгүй бол фосфат ион агуулагдаж байгааг илтгэнэ.

Үл мэдэгдэх анионыг барийн хлорид, мөнгөний нитратын уусмалтай харилцан үйлчлэх төрхөөр нь ялган таних бүдүүвч (Зураг 1.4.3)-ийг үзүүллээ.





Зураг 1.4.3. Анионыг ялган таних бүдүүвч

Дадлага ажил

Органик биш бодисын найрлагыг чанарын урвалаар тогтоох

1. Үл мэдэгдэх бодисыг усанд уусган 5-10 $см^3$ уусмал бэлтгэнэ.
2. Уусмалыг 5-6 хуруу шилэнд тэнцүү хуваан хийнэ.
3. Уусмалд агуулагдаж буй катион, анионыг танихдаа өгсөн бүдүүвч (Зураг 1.4.2, 1.4.3)-ийг хэрэглэнэ.

Катионыг таних: а) Натрийн гидроксидын уусмал, б) Аммонийн гидроксидын уусмалаар үйлчлэх, в) Дөлний өнгөөр шалгах

Анионыг таних: а) Давсны хүчлийн уусмалаар хүчиллэгжүүлсэн барийн хлоридын уусмал, б) Азотын хүчлийн уусмалаар хүчиллэгжүүлсэн мөнгөний нитратын уусмалаар үйлчлэх

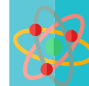
Жишээ дасгал

1. А нэгдэл дөлний өнгийг ногооноор буддаг, сулруулсан давсны хүчлийн уусмал нэмэхэд хий ялгарчээ. Ялгарсан хийг шохойн усан дундуур нэвтрүүлэхэд сүүн цагаан өнгийн тунадас үүссэн бол энэ ямар нэгдэл вэ?

Хариулт: Дөлний өнгийг ногооноор будаж байгаа учраас барийн ион агуулсан байна. Харин сулруулсан давсны хүчлийн уусмалтай урвалд орж, ялгарсан хий нь шохойн устай урвалд орж сүүн цагаан өнгийн тунадас үүсгэдэг учир карбонат ион агуулсан байна. Иймд А нэгдэл барийн карбонат ($BaCO_3$) байна.

Дасгал

1. А нэгдэл дөлний өнгийг тоосгон улаан өнгөөр буддаг, сулруулсан давсны хүчил ба барийн хлоридын уусмал нэмэхэд цагаан өнгийн тунадас буужээ. Энэ ямар нэгдэл вэ?
2. Хуруу шилтэй хоёр уусмалд тус тус Na^+, Cu^{2+} агуулагдаж байв. Аль хуруу шилэнд ямар металлын ион агуулагдаж байгааг хэрхэн таних вэ?
3. Яагаад галид ионыг танихдаа мөнгөний нитратын уусмалыг давсны хүчлийн уусмалаар биш азотын хүчлийн уусмалаар хүчиллэгжүүлдэг вэ?
4. Цагаан өнгөтэй А хатуу бодисыг усанд уусган өнгөгүй уусмал гарган авчээ. Уусмалд азотын хүчлийн уусмалаар хүчиллэгжүүлсэн мөнгөний нитратын уусмал нэмэхэд цагаан тунадас үүсэв. А бодис дөлний өнгийг улаан хүрэн өнгөөр буддаг бол анх ямар нэгдэл авсныг тогтоож, явагдах урвалын тэгшитгэлийг бичээрэй.



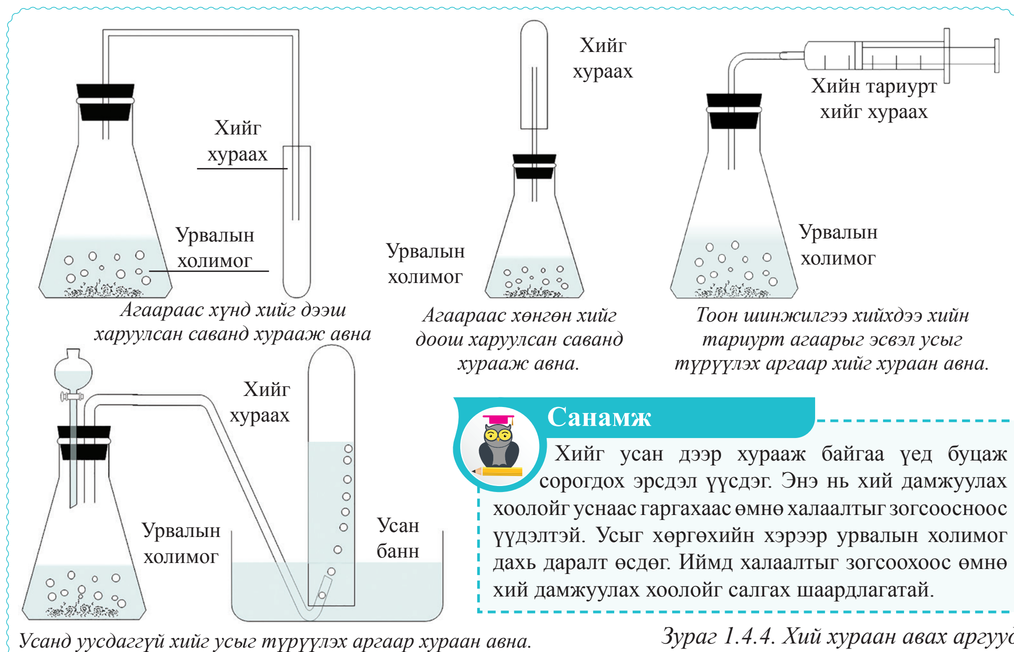
5. Сурагч нэгэн үл мэдэгдэх X нэгдлийн уусмалд ямар химийн нэгдэл агуулагдаж байгааг тогтоохоор дараах туршилтыг гүйцэтгэжээ.

	Туршилт 1	Туршилт 2
Нэмсэн урвалж	Натрийн гидроксидын уусмал	Сул. давсны хүчил дэх $BaCl_2$- ын уусмал
Ажиглалт	Цэнхэр өнгийн тунадас	Цагаан өнгийн тунадас

Сурагч туршилтын үр дүнгээс X нэгдэл нь төмөр (II)-ийн сульфат хэмээн тогтоожээ. Түүний гаргасан дүгнэлт зөв үү? Хариултаа тайлбарлаарай.

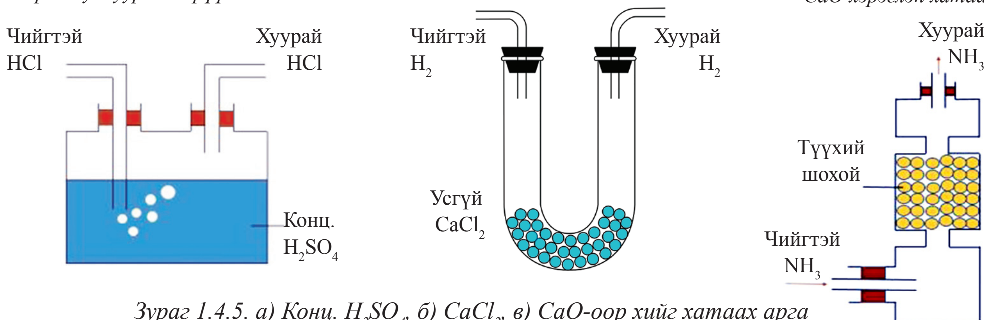
Хийг таних арга

Органик биш бодис дахь катион, анионыг таних чанарын урвалд хий (CO_2, NH_3) үүсэх хэд хэдэн урвал байсан. Хийг танихын тулд өгсөн хийн нягт, усанд уусах чанараас хамааруулан төрөл бүрийн аргаар хурааж цуглуулна (Зураг 1.4.4).

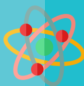


Зураг 1.4.4. Хий хураан авах аргууд

Цуглуулсан хийг хатаахдаа концентрацтай хүхрийн хүчил (Зураг 1.4.5а), усгүй кальцийн хлорид (Зураг 1.4.5б), кальцийн оксид (Зураг 1.4.5в) зэрэг ус шингээгч бодисыг хэрэглэдэг.



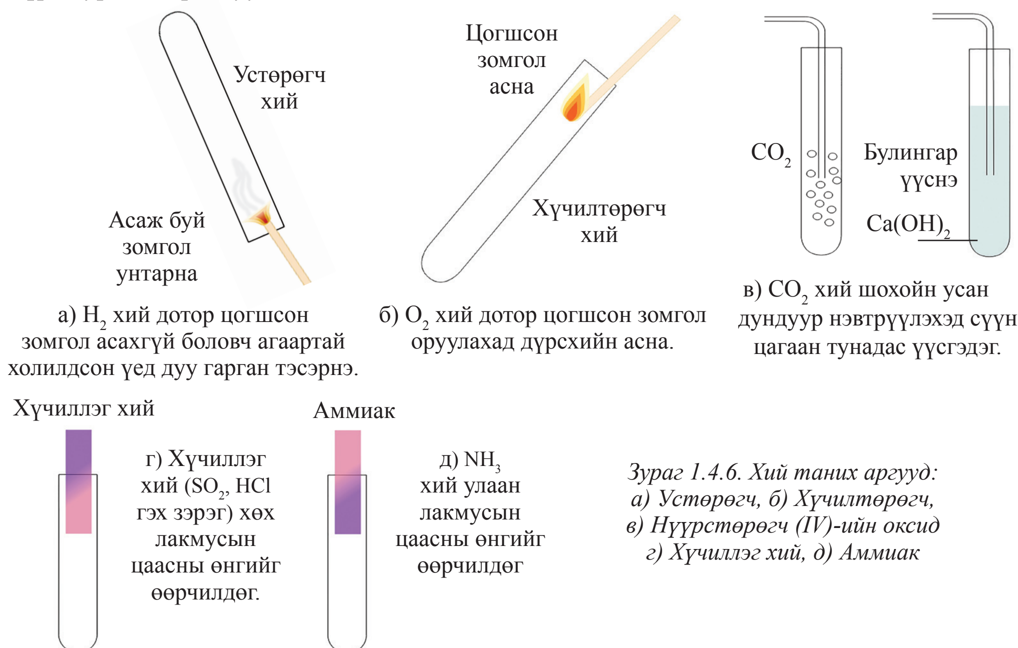
Зураг 1.4.5. а) Конц. H_2SO_4, б) $CaCl_2$, в) CaO-оор хийг хатаах арга



Устөрөгчийн хийг таних арга. Устөрөгч нь агаараас хөнгөн (d=0.09 г·л$^{-1}$), хүчилтөрөгчтэй холин халаахад тэсрэх урвалд ордог: $2H_{2(х)} + O_{2(х)} \rightarrow 2H_2O_{(ш)}$

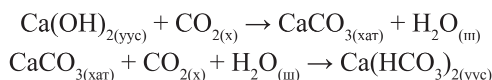
Металл магнийн үртэс, давсны хүчилтэй харилцан үйлчлэх үед ялгарах устөрөгч хийг доош харуулсан саванд хураан авч хуруу шилийг бага зэрэг хазайлган амсарт нь асаж буй зомгол барихад устөрөгч агаарын хүчилтөрөгчтэй урвалд орж хүчтэй "тэсрэх" чимээ гардаг (Зураг 1.4.6а).

Хүчилтөрөгчийн хийг таних арга. Хүчилтөрөгч нь шаталтыг дэмждэг учраас цогшсон зомгол оруулахад дүрсхийн асдаг. Энэхүү шинж чанараар нь хүчилтөрөгчийг таньдаг (Зураг 1.4.6б). Асаж буй зомгол аажмаар унтрах бөгөөд энэ нь саван дахь хүчилтөрөгч бүрэн урвалд орж дууссаныг илтгэнэ.



Зураг 1.4.6. Хий таних аргууд: а) Устөрөгч, б) Хүчилтөрөгч, в) Нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксид г) Хүчиллэг хий, д) Аммиак

Нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксидыг таних арга. Бидний өмнө үзсэнээр нүүрсхүчлийн хийг шохойн усан дундуур нэвтрүүлж, кальцийн карбонатын тунадас үүсэж байгаагаар таньдаг билээ (Зураг 1.4.6в). Улмаар үүссэн тунадсанд илүүдэл хэмжээгээр нүүрсхүчлийн хийг нэвтрүүлбэл тунадас эргэн уусдаг. Явагдах урвалын тэгшитгэлийг бичвэл:



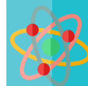
$$Ca(OH)_{2(уус)} + CO_{2(х)} \rightarrow CaCO_{3(хат)} + H_2O_{(ш)}$$
$$CaCO_{3(хат)} + CO_{2(х)} + H_2O_{(ш)} \rightarrow Ca(HCO_3)_{2(уус)}$$

Хүчиллэг хий (SO_2, HCl, Cl_2) хөх лакмусын норгосон цаасыг улаан өнгөтэй болгодог (Зураг 1.4.6г) бол суурилаг аммиак хий улаан лакмусын норгосон цаасыг хөх өнгөтэй болгоно (Зураг 1.4.6д). Энэхүү шинж чанар хийг ялган таних нэг шалгуур үзүүлэлт болдог.

Хлорын хийг таних арга. Хлор хурц, өвөрмөц үнэртэй, шар ногоон өнгөтэй хий. Хлор усанд уусаж, хүчиллэг уусмал үүсгэх ба үүнийг хөх лакмусын цаас улаан өнгөтэй болж байгаагаар таньж болно. Дараа нь индикаторын цаас цайрдаг.

Дэд бүлгийн дүгнэлт

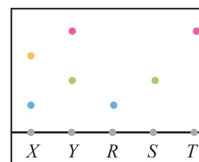
- Органик биш бодист агуулагдах катион, анионыг сонгосон бодистой урвалд орж үүсгэх тунадасны өнгө, үнэр, уусах чанар, нягт, явагдах урвалын төрх зэрэг өвөрмөц шинжид нь үндэслэн таньдаг.



ӨӨРИЙГӨӨ ҮНЭЛЭЭРЭЙ

Нэг сонголтот даалгавар

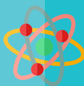
1. Авогадрогийн тогтмол аль нь вэ?
   А. $6.02 \cdot 10^{23}$ кг Б. $6.02 \cdot 10^{23}$ ш В. $6.02 \cdot 10^{23}$ моль Г. $6.02 \cdot 10^{23}$ $моль^{-1}$
2. Бодисын тоо хэмжээний нэгжийг сонгоно уу?
   А. г Б. моль В. литр Г. г · $моль^{-1}$
3. Хүрээлэн буй орчны стандарт даралт, температур дахь хийн эзлэхүүн хэд вэ?
   А. 24.8 $дм^3 \cdot моль^{-1}$ Б. 22.4 $дм^3$ В. 24.8 $дм^3$ Г. 22.4 л · $моль^{-1}$
4. Хүхэр (IV)-ийн оксидын молийн масс хэд вэ?
   А. 64 г · $моль^{-1}$ Б. 64 г В. 64 а.м.н. Г. 64 моль
5. Дараах давснуудын алиныг нь талстжуулах аргаар цэвэрлэх боломжтой вэ?
   А. $NaNO_3$ Б. AgCl В. PbS Г. $CaCO_3$
6. Натрийн гидроксид, хүхрийн хүчлийн усан уусмалыг холиход 14.2 г натрийн сульфат (Na_2SO_4) үүссэн. Урвалд натрийн гидроксид хэдэн грамм зарцуулагдсан бэ?
   А. 8.0 г Б. 4.0 г В. 16.0 Г. 8.0
7. Натрийн гидроксидын уусмалуудаас аль нь их концентрацтай уусмал вэ?
   А. 4 г NaOH агуулсан 100 мл уусмал Б. 0.1 моль NaOH агуулсан 100 мл уусмал
   В. 2 г NaOH агуулсан 50 мл уусмал Г. 0.1 моль NaOH агуулсан 50 мл уусмал
8. Нэгэн цагаан өнгөтэй бодисыг шинжлэхэд дөлний өнгийг шараар будаж, мөнгөний нитратын уусмал нэмэхэд шар өнгийн тунадас буужээ. Үүссэн тунадас сулруулсан болон концентрацтай аммиакийн уусмалд уусахгүй байв. Анх ямар бодис авсан бэ?
   А. KBr Б. NaBr В. NaI Г. KI
9. Сульфат ионыг барийн сульфатын цагаан өнгөтэй тунадас үүсгэдгээр нь таньдаг. Сульфат ионыг танихад ямар урвалж хэрэглэх вэ?
   А. H_2SO_4 Б. $Ba(OH)_2$ В. $BaSO_4$ Г. $BaCl_2$
10. X бодис бага зэргийн бохирдолтой байв. Энэ бодисын хайлах цэг 89-90°C байв. X цэвэр бодисын хайлах цэг ямар утгатай байх вэ?
    А. 90°C-110°C Б. 80°C-90°C В. 80°C-аас бага
    Г. Тодорхой хэлэх боломжгүй
11. Мэргэжлийн хяналтын лабораторид X, Y хоёр үл мэдэгдэх бодисыг таньж тогтоох хүсэлт иржээ. Судлаач энэ 2 бодисын цаасан хроматограммыг буулгажээ. X, Y ямар бодис вэ?
    А. X бодис R, S-ийг агуулна. Б. X бодис S, T-ийг агуулна.
    В. Y бодис R, S-ийг агуулна Г. Y бодис S, T-ийг агуулна.



Богино хариулттай бичгийн даалгавар

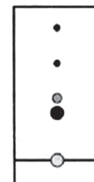
1. Агаарын хийн найрлагын ойролцоогоор 78% (эзлэхүүн) нь азот байдаг. 100 кПа даралт, 25°C температурт 1 л агаарын найрлага дахь азотын моль, масс, эзлэхүүнийг олно уу. [3]
2. Ижил даралт, температурт орших а) 1 л эзлэхүүнтэй, б) 10 г масстай O_2, N_2, H_2 хий тус бүрт агуулагдах молекулын тоо ижил үү, өөр үү? [2]
3. Ямар шинжтэй будагч бодис хроматографын цаасан дундуур хамгийн их зай туулах вэ? [2]
4. Дараах давснуудыг усанд уусдаг, үл уусдаг аль нь болохыг тогтооно уу. [3]
   а) NaCl, б) $PbSO_4$, в) $Zn(NO_3)_2$, г) $CaCO_3$, д) $Fe_2(SO_4)_3$, е) K_2SO_4, ж) AgCl
5. Дараах давснуудыг гарган авахад тохиромжтой арга, эх бодисуудыг нэрлэнэ үү. [2]
   а) $PbCrO_4$, б) $CuCl_2$, в) KNO_3, г) $Ca(NO_3)_2$
6. А, Б, В, Г гэсэн 4 химийн бодисыг таних зорилгоор туршилт хийж, ажиглалтын үр дүнг дараах хүснэгтэд үзүүлжээ. А, Б, В, Г ямар бодис байсан бэ? [4]

Химийн бодис	Дөлний өнгө	NaOH-ын уусмал нэмэх	HNO_3 ба $AgNO_3$-ын уусмал нэмэх	HCl ба $BaCl_2$-ын уусмал нэмэх
А		Цагаан тунадас, Илүүдлээр хийхэд ууcна.		Цагаан өнгөтэй тунадас
Б	Хөх ягаан		Цайвар шар тунадас	
В	Улаан хүрэн		Цагаан өнгөтэй тунадас	
Г		Ногоон өнгөтэй тунадас		Цагаан өнгөтэй тунадас



Бичгийн даалгавар

1. Сурагч нэгэн ургамлын навчинд агуулагдах ногоон өнгөтэй будагч бодисыг органик уусгагч болох этанолыг ашиглан цаасан хроматографын аргаар шинжилж зурагт үзүүлсэн үр дүнг гаргажээ.



а) Сурагч өөрийн судалгаандаа яагаад усыг биш этанолыг авсан бэ? [2]

б) Сурагч навчинд агуулагдаж буй өнгөт бодисын талаар ямар дүгнэлт гаргах вэ? Хариултаа тайлбарлаарай. [1]

в) Дээж байрлуулсан эхлэх шугамаас зарим өнгөт толбо шилжээгүй байв. Үүний шалтгааныг тайлбарлана уу. [2]

г) Яагаад туршилтыг өөр уусгагчтай үед давтан хийснээр илүү мэдээллийг авах боломжтой болох вэ? [2]

д) Энэхүү аргад тогтвортой ба хөдөлгөөнтэй фаз нь юу байсан бэ? [2]

Нийт 9 оноо

2. Сурагч натрийн сульфат гарган авах туршилтыг дараах аргачлалын дагуу гүйцэтгэжээ. Үүнд: 1) Сурагч 1 моль·л$^{-1}$ концентрацтай натрийн карбонатын уусмалаас шувтан колбонд 25 мл-ийг пипеткээр таслан авч, 2-3 дусал метилоранж дусаажээ. 2) Энэхүү уусмал дээрээ бюреткээр хүхрийн хүчлийн 1 моль·л$^{-1}$ концентрацтай шингэрүүлсэн уусмалаас улбар шар өнгөтэй болтол бага багаар нэмэн зарцуулагдсан хүчлийн эзлэхүүнийг тэмдэглэн авчээ. 3) Үүний дараа зарцуулагдсан хүчилтэй тэнцүү эзлэхүүнтэй хүхрийн хүчлийг 25 мл натрийн карбонатын уусмалтай колбонд метилоранжгүйгээр нэмжээ. 4) Үүссэн давсны холимгийг ууршуулж хөргөөд талстыг хатаажээ.

а) Явагдсан урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү. [1]

б) 1-р шатанд натрийн карбонатын 1 моль·л$^{-1}$ концентрацтай 250 мл уусмалыг бэлтгэхэд хэчнээн г натрийн карбонат авах шаардлагатай вэ? [1]

в) 2-р шатанд титрлэлтэд зарцуулагдсан хүхрийн хүчлийн эзлэхүүнийг олно уу. [1]

г) 4-р шатанд давсыг цэвэрлэж, хатаасны дараа жинлэхэд 3.2 г байв. Бүтээгдэхүүний гарцыг олно уу. [1]

д) Гарган авсан натрийн карбонатын цэвэршлийн зэргийг хэрхэн тогтоох вэ? [1]

Нийт 5 оноо

3. Уусдаг болон уусдаггүй нэгдлүүдийг агуулсан холимог байв. Холимог уруу халуун ус нэмж шүүхэд цагаан өнгөтэй хатуу A, ногоон өнгөтэй B уусмал тус тус үүсэв. Сурагч ямар нэгдлүүд болохыг танихаар дараах туршилтыг хийв.

Цагаан өнгөтэй хатуу A бодис нь дөлний өнгийг тоосгон улаан өнгөөр буддаг. Сулруулсан давсны хүчлийн уусмалыг нэмэхэд хий ялгарсан бөгөөд CO_2 хий болохыг таньжээ.

а) A нэгдэл ямар катион, анион агуулсан бэ? [1]

б) Сурагч CO_2 хийг хэрхэн таньсан бэ? Урвалын тэгшитгэлийг бичээрэй. [1]

в) A нэгдлийг нэрлэнэ үү. [1]

Ногоон өнгөтэй B уусмал дээр натрийн гидроксидын уусмал нэмэхэд ногоон өнгийн тунадас үүссэн. Харин сулруулсан азотын хүчлийн уусмалыг, мөнгөний нитратын уусмалыг дэс дараалан нэмэхэд ямар ч өөрчлөлт илрээгүй байна. B уусмал дээр барийн хлоридын уусмал нэмэхэд цагаан өнгийн тунадас бууж, сулруулсан давсны хүчлийн уусмал нэмэхэд ямар ч өөрчлөлт ажиглагдсангүй.

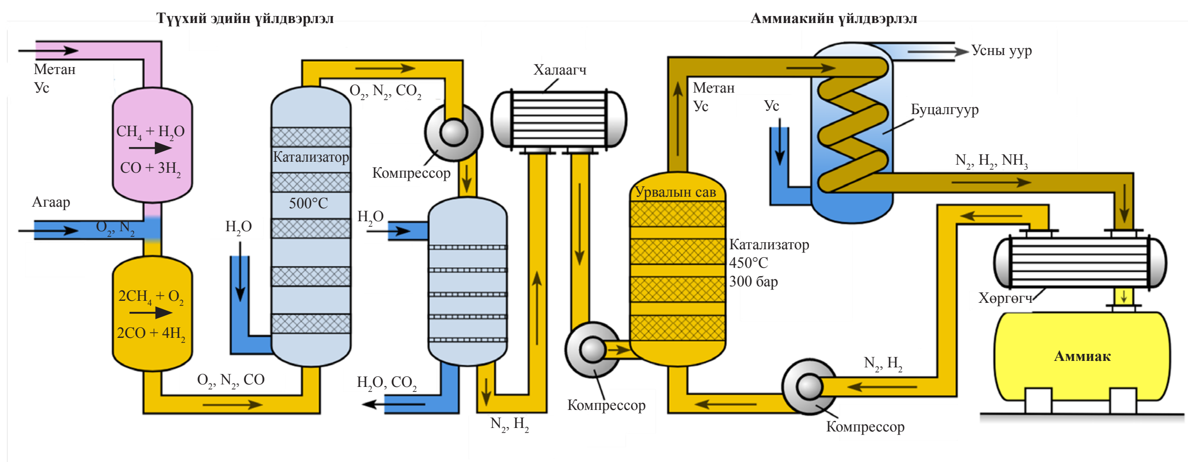
г) Ногоон өнгөтэй тунадсыг нэрлэнэ үү. [1]

д) B уусмалд агуулагдаж буй химийн нэгдлийн томьёог бичээрэй. [1]

е) Барийн хлорид нэмэхэд үүссэн цагаан өнгийн тунадсыг нэрлээрэй. [1]

Нийт 6 оноо

БҮЛЭГ 2. ХИМИЙН УРВАЛ



Энэ бүлгийг судалснаар сурагчид:

2.1. Химийн урвалын хурд

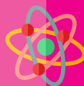
- ✓ Химийн урвалын хурдыг томьёолон, дундаж хурдыг тооцоолж чаддаг, өгсөн урвалын хурдыг хэмжих аргуудыг тогтоон тохиромжтой аргыг сонгон урвалын хурдыг график, томьёогоор илэрхийлж чаддаг,
- ✓ Концентрац, температур, гадаргуугийн талбайг өөрчлөх болон катализаторыг нэмэх замаар урвалын хурдыг өөрчилдөг болохыг мөргөлдөлтийн онолоор тайлбарладаг,

2.2. Эргэх урвал ба химийн тэнцвэр

- ✓ Орчны температур, урвалд оролцож буй бодисын концентрац, даралтыг өөрчлөн химийн тэнцвэрийг шилжүүлэх арга замыг тодорхойлдог,
- ✓ Катализатор нь идэвхжлийн энергийг бууруулж урвалыг хурдасгахаас биш бүтээгдэхүүний гарцыг өөрчилж, тэнцвэрийг шилжүүлдэггүй болохыг мэддэг,

2.3. Электрохими

- ✓ Аливаа химийн бодисын цахилгаан дамжуулах чанар, төрх байдлыг химийн холбоонд үндэслэн тодорхойлдог,
- ✓ Өдөр тутмын амьдралд тохиолддог түгээмэл цахилгаан химийн хэлхээг ялган таньдаг,
- ✓ Электролизийн бүтээгдэхүүн нь электродын төрөл, уусмалын концентрацаас хамааран ялгаатай байдаг болохыг мэддэг болно.



2.1 ХИМИЙН УРВАЛЫН ХУРД

Түлхүүр үг. Урвалын хурд, Урвалын хурдыг өөрчлөх арга, Энзим.

Хүн онгоцоор нисэх, мориор давхих, явган алхахад нэг цагт ялгаатай зам туулна. Химийн урвал ч хурдан, удаан янз бүрийн хурдтай явагддаг.

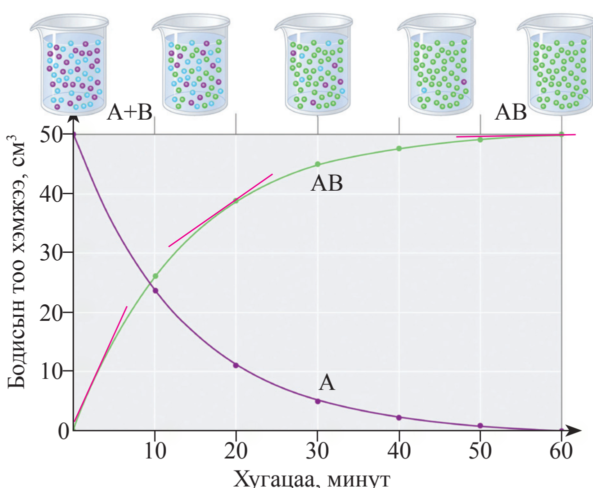
Металл натри шатах нь маш эрчимтэй явагддаг химийн урвал юм.

Айраг исэх үзэгдэл нь 24 -72 цагт явагддаг дунд зэргийн хурдтай химийн урвал юм.

Төмөр хадаас зэвэрч дуусахад хэдэн жил зарцуулах тул маш удаан явагддаг химийн урвал юм.

Химийн урвалын хурд

Эх бодис химийн урвалд орох эсвэл бүтээгдэхүүн бодисын үүсэх тоо хэмжээний нэгж хугацаанд болох өөрчлөлтийг **химийн урвалын хурд** гэнэ.



А ба В эх бодис урвалд орж АВ бүтээгдэхүүн үүссэн гэвэл хугацааны тодорхой агшинд харгалзах А болон АВ бодисын тоо хэмжээний өөрчлөлт харилцан адилгүй байна. А бодисын тоо хэмжээ буурч, үүсэх АВ бодисын тоо хэмжээ нэмэгдсээр хугацааны төгсгөлд бүрэн үүснэ. График дээрх шүргэгч шулууныг харвал урвалын эхэнд огцом налуутай шулуун байгаа нь урвалын хурд их байгааг илтгэнэ.

Зураг 2.1.1. Химийн урвалын үед болох бодисын тоо хэмжээний өөрчлөлт

Урвал удаашрахын хэрээр муруйн налуу багассаар урвал явагдаж дуусахад тэг болно. Энэхүү урвалын хурдны жигд биш өөрчлөлт нь бодисын тоо хэмжээний өөрчлөлтөөр тодорхойлогдоно. Урвалын холимог дахь бодисын тоо хэмжээг масс, эзлэхүүн, моль, концентрацаар илэрхийлэх тул тэдгээрийн өөрчлөлтөөр урвалын хурдыг илэрхийлдэг.

$$\text{Урвалын хурд} = \frac{\text{Урвалаас үүссэн бүтээгдэхүүн бодисын эсвэл урвалд орсон эх бодисын тоо хэмжээний өөрчлөлт}}{\text{Урвал явагдсан хугацаа}}$$

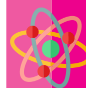
Иймд тодорхой хугацаанд урвалд орж байгаа эх бодис эсвэл бүтээгдэхүүн бодисын концентрац (C)-ийн өөрчлөлтөөр урвалын дундаж хурдыг тодорхойлно.

$$\text{Урвалын дундаж хурд} = \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta C}{\Delta t}$$

t_1, t_2 - урвал эхлэх болон төгсөх үеийн хугацаа

C_1, C_2 - t_1, t_2 хугацаанд харгалзах бодисын концентрац

Графикаас 0-1, 0-5, 2-4, 5-7 минут гэх мэтчилэн тодорхой хугацааны мужид явагдсан урвалын дундаж хурдыг олж болно. Эх бодис болон бүтээгдэхүүн бодисын урвалд орох хурд стехиометрийн коэффициентээс хамаарч харилцан адилгүй байдаг.



Жишээ дасгал

1. 25 $см^3$ устөрөгчийг хлортой харилцан үйлчлүүлэх урвал 7 минутын туршид явагдаж 35 $см^3$ устөрөгчийн хлорид үүсгэсэн бол HCl үүсэх дундаж хурд, устөрөгчийн урвалд орох хурдыг тус тус олно уу.

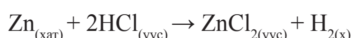
Бодолт:

$$\text{Урвалын дундаж хурд (HCl)} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{35\ см^3 - 0\ см^3}{7\ минут - 0\ минут} = 5\ см^3 \cdot мин^{-1}$$

Химийн урвал ($H_2+C1_2 \rightarrow 2HC1$)-ын тэгшитгэлээс стехиометрийн харьцаа $n(H_2):n(HC1)=1:2$ байгаа учраас 35 $см^3$ эзлэхүүнтэй устөрөгчийн хлорид үүсэхэд 17.5 $см^3$ устөрөгч урвалд орсон байна. Иймд $V_2-V_1=17.5\ см^3$ байна.

$$\text{Урвалын дундаж хурд }(H_2) = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{17.5\ см^3}{7\ минут - 0\ минут} = -25\ см^3 \cdot мин^{-1}$$

Туршилт

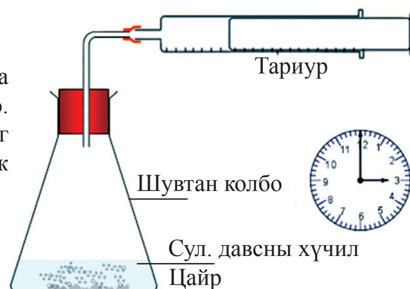


$Zn_{(хат)} + 2HCl_{(уус)} \rightarrow ZnCl_{2(уус)} + H_{2(х)}$

Зурагт үзүүлсний дагуу тариурын шахуурга урвалаас устөрөгч ялгарах хэмжээгээр түлхэгдэнэ. Тариурт хураагдах устөрөгчийн эзлэхүүнийг тодорхой хугацааны алхамтайгаар урвал явагдаж дуустал хэмжинэ.

Санамж

Металлын гадаргууг урьдчилан зүлгэж, спиртээр арчин механик хольц болон тосыг цэвэрлэсэн байна.

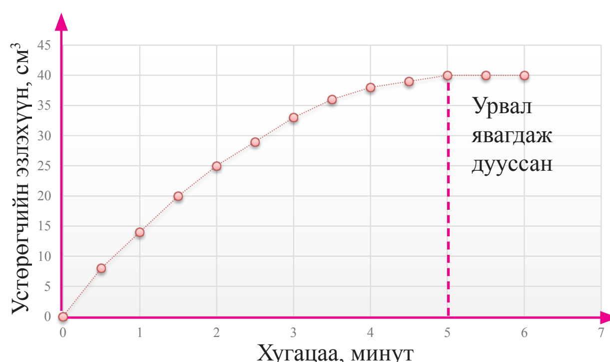


Зураг 2.1.2. Урвалаас үүссэн хийн эзлэхүүнээр урвалын хурдыг хэмжих багаж

Туршилтын жишээ үр дүн:

Хугацаа, мин	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
Устөрөгчийн эзлэхүүн, $см^3$	0	8	14	20	25	29	33	36	38	39	40	40	40	40

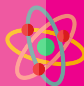
Туршилтын үр дүнгээр ялгарсан устөрөгчийн эзлэхүүн хугацаанаас хамаарсан график байгуулан дундаж хурдыг олох боломжтой. Урвал 5 минутад явагдаж дууссаныг устөрөгчийн эзлэхүүн өөрчлөгдөхгүй тогтмол болсноор мэднэ. Урвалаас нийт 40 $см^3$ устөрөгч үүссэний 14 $см^3$ нь эхний 1 минутад үүссэн бол дараагийн 2 минутад 11 $см^3$, сүүлийн 3 минутад 8 $см^3$ үүсжээ. Цаашид устөрөгч ялгарахгүй болж, урвал явагдаж дуусна. Ийнхүү хугацаа өнгөрөх тусам урвалын хурд багасч байна.



Зураг 2.1.3. Урвалаас үүсэж буй хийн эзлэхүүн ба хугацааны хамаарлын муруй

$$\text{Урвалын дундаж хурд} = \frac{\text{Устөрөгчийн нийт эзлэхүүн}}{\text{Урвал явагдсан нийт хугацаа}} = \frac{40\ см^3 - 0\ см^3}{5\ минут - 0\ минут} = 8\ см^3 \cdot мин^{-1}$$

Энэ аргыг урвалын бүтээгдэхүүний нэг нь хий байдлаар үүсэх урвалд хэрэглэх боломжтой.



Жишээ дасгал

2. $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$ гэсэн урвалын дундаж хурдыг судлах боломжит аргыг санал болгоно уу.

Бодолт: Бид 8 дугаар ангидаа энэ урвалын хурдыг судлах а) анх авсан урвалын холимог (шохойн чулуу, давсны хүчлийн уусмал)-ийн массыг хугацаанаас, б) ялгарч буй нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксидын эзлэхүүнийг хугацаанаас хамааруулан судлах аргатай тус тус танилцсан.

Химийн урвалын хурдыг судлах аргыг сонгохдоо урвалын эх болон бүтээгдэхүүн бодисын туршилтаар хэмжиж болохуйц хэмжигдэхүүнийг авах ёстой.

- Өгсөн урвалд давсны хүчил зарцуулагдаж давс, ус үүсгэж байгаа тул орчны pH хүчиллэгээс саармаг орчинтой болж өөрчлөгдөнө. Иймд pH-ын өөрчлөгдөх хурдыг хэмжиж болно.
- Урвалд оролгүй үлдсэн уусмал дахь давсны хүчлийн концентрацыг натрийн гидроксидын уусмалаар титрлэн тодорхойлж болно. Иймд давсны хүчлийн концентрац хугацаанаас хамаарах графикийг байгуулах боломжтой.

Дасгал

1. Устөрөгч хлортой харилцан үйлчлэх урвал 3 минутын туршид явагдаж 0.5 моль устөрөгчийн хлорид үүсгэсэн бол урвалын дундаж хурдыг олно уу.
2. Магни ба хүхрийн хүчлийн харилцан үйлчлэх урвал өгчээ.

   а) Урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү, б) Урвалын хурдыг хэмжих дөрвөн өөр аргыг санал болгоно уу. Аль арга хамгийн тохиромжтой вэ? Яагаад? в) Сонгосон аргаар урвалын хурдыг хэмжих графикийн хэлбэрийг баримжаалан зурна уу.
3. Цайр хүчилтэй харилцан үйлчлэх урвалын хурдыг судлах туршилтад дараах алхмууд ямар үүрэгтэй вэ?

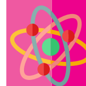
   а) Цайрын гадаргууг эхлээд сайтар цэвэрлэдэг, б) Цайр дээр хүчил нэмэнгүүт хугацаагаа хэмжиж эхлэнэ, в) Колбонд урвалын холимгийг хиймэгц хурдан тагладаг.
4. Туршилтын жишээ үр дүнгийн график (Зураг 2.1.4)-ийг ашиглан дараах тооцоог хийнэ үү. а) Урвал явагдаж эхэлснээс хойш 3.5 минутын дараа хэчнээн эзлэхүүн устөрөгч үүссэн бэ? б) Нийт устөрөгчийн 50% нь үүсэхэд ямар хугацаа зарцуулагдсан бэ? в) 3-7 минутын мужид урвал ямар хурдтай явагдсан бэ? г) Урвал эхлээд эрчимтэй явж, аажмаар удаашрдагийн шалтгаан юу вэ?

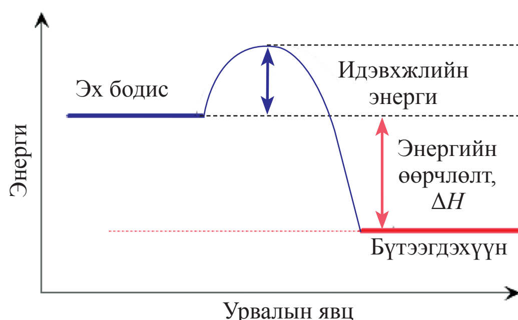
Мөргөлдөлтийн онол

Химийн урвалд орж буй бодисуудыг холиход тэдгээрийг бүрдүүлэгч жижиг хэсгүүд (атом, молекул, ион, радикал)-ийн хооронд мөргөлдөлт явагдана. Мөргөлдөлт бүрт химийн урвал явагдахгүй. Урвал явах эсэх нь дараах гурван хүчин зүйлээс хамаарна.

1. *Урвалын холимог дахь жижиг хэсгүүдийн хөдөлгөөний кинетик энерги.* Химийн урвалд оролцож буй бодисын жижиг хэсгүүдийн хөдөлгөөний кинетик энерги харилцан адилгүй байдаг. Дийлэнх жижиг хэсгүүд дундаж энергитэй байхад дунджаас их болон бага энергитэй жижиг хэсгүүд харьцангуй цөөн байдаг.

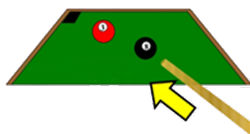
Өндөр энерги бүхий жижиг хэсгүүдийг идэвхтэй жижиг хэсэг гэдэг. Идэвхтэй жижиг хэсгүүдийн мөргөлдөлт бүхэнд химийн урвал явагдахгүй. Бүтээгдэхүүн үүсгэхийн тулд эх бодисуудын химийн холбоо тасарч, атомууд дахин эрэмбэлэгдэхэд зарцуулагдах кинетик энергийн хамгийн бага утгыг идэвхжлийн энерги ($E_{ид}$) гэнэ. Идэвхжлийн энергиэс давсан энергитэй жижиг хэсгүүд (атом, молекул, ион гэх мэт) хоорондоо мөргөлдөж байж химийн урвал явагдах нэг нөхцөлийг бүрдүүлдэг. Идэвхжлийн энергийг урвалд орж буй эх бодисын энерги ба диаграммын оройн цэг хүртэлх энергийн ялгавраар олно.





Зураг 2.1.4.Урвалын энергийн диаграмм

2. Орон зайн зөв байрлал. Атом, молекул, ионуудын мөргөлдөлтөөр урвал явагдахад тэдгээрийн орон зайн байрлал чухал.



Биллиардын цохиурын чиглэл зөв байвал байг амжилттай ононо.

$2CO_{(x)} + O_{2(x)} \rightarrow 2CO_{2(x)}$ урвалын жишээн дээр авч үзье.

Урвалын холимогт хоёр хийн молекул мөргөлдөх байрлалын олон боломж байдаг.

а) *Урвал явагдахгүй*

б) *Урвал явагдана*

Тэдгээрээс зурагт хоёр байрлалыг харуулсан байна. (а) тохиолдолд нүүрстөрөгч (II)-ийн оксид дахь хүчилтөрөгчийн атом нь хүчилтөрөгчийн молекултай мөргөлдөхөд урвал явагдахгүй.

Харин (б) тохиолдолд оксидын нүүрстөрөгчийн атомын талаас мөргөлдөхөд урвал явагдаж нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксид үүснэ.

3. Мөргөлдөлтийн тоо. Химийн урвал явагдахад бодисын жижиг хэсгүүдийн мөргөлдөлтийн тоо нөлөөлнө. Энэ гурван шаардлага бүгд биелж байгаа тохиолдолд ашигтай мөргөлдөлт болж химийн урвал явагддаг. Ийнхүү химийн урвалын хурд нэгж хугацаанд болох ашигтай мөргөлдөлтийн тооноос хамаарна.

Дасгал

5. Дараах даалгаврыг гүйцэтгэнэ үү.

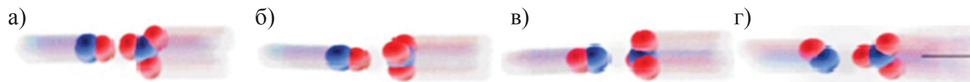
а) 100 $кЖ \cdot моль^{-1}$ энерги ялгаруулдаг экзотермийн урвалын идэвхжлийн энерги 50 кЖ $\cdot моль^{-1}$ бол тус урвалын энергийн диаграммыг зурна уу.

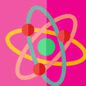
б) 50 $кЖ \cdot моль^{-1}$ энерги шингээдэг эндотермийн урвалын идэвхжлийн энерги 100 $кЖ \cdot моль^{-1}$ бол тус урвалын энергийн диаграммыг зурна уу.

в) Яагаад химийн урвал идэвхжлийн энергиэс давсан энергитэй жижиг хэсгүүдийн мөргөлдөлтөөр явагддагийг мөргөлдөлтийн онолоор тайлбарлана уу.

6. $NO + NO_3 \rightarrow 2NO_2$ урвалын хамгийн боломжтой орон зайн байрлал аль вэ? (NO_3 нь NO_2 үүсэх урвалын завсрын шатны бүтээгдэхүүн юм).

а) б) в) г)



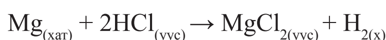


Урвалын хурдыг өөрчлөх арга

Ахуй амьдралд химийн урвалыг хурдасгах эсвэл удаашруулах хэрэгцээ олонтоо тохиолддог. Сүүг гашилгахгүйн тулд хөргөгчид хадгалдаг нь орчны температурыг багасган сүүн дэх нүүрсус (лактоз) исэлдэж, сүүний хүчил үүсэх урвалын хурдыг бууруулж байгаа хэрэг юм. Харин талхны гурилыг хөрөнгөөр исгэх нь нүүрсхүчлийн хий үүсэх урвалыг хурдасгаж байгаа жишээ юм. Химид урвалд орж буй бодисын концентрац, гадаргуугийн талбай болон урвал явагдах температурыг өөрчлөх аргаар урвалыг хурдасгаж, удаашруулдаг.

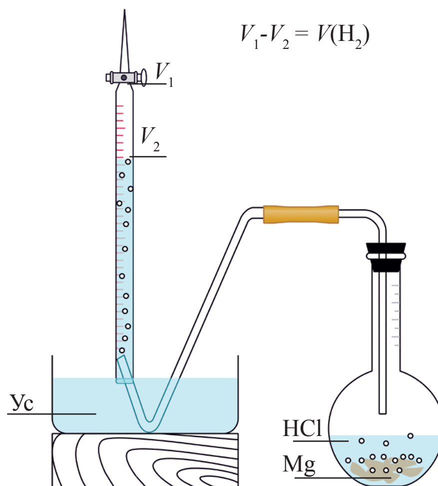
Концентрацыг өөрчлөх. Урвалд орж буй бодисуудын концентрацыг өөрчлөхөд урвалын хурд хэрхэн өөрчлөгдөхийг авч үзье.

Металл магнийг тэнцүү (50 мл) эзлэхүүнтэй, нэг (В) нь нөгөө (А)-өөс хоёр дахин их концентрацтай байх давсны хүчлийн уусмалтай урвалд оруулах замаар хурдны өөрчлөлтийг судлах боломжтой.



$$Mg_{(хат)} + 2HCl_{(уус)} \rightarrow MgCl_{2(уус)} + H_{2(х)}$$

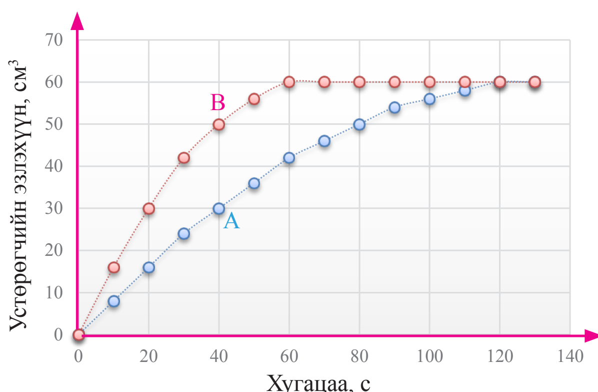
Туршилтад магнийн масс, температур, уусмалын эзлэхүүн зэрэг нөхцөлийг тогтмол авна. Урвалаас үүссэн устөрөгч хийн эзлэхүүнийг бюретка ашиглан 10 секунд тутамд хэмжинэ (Зураг 2.1.5).



Зураг 2.1.5. Урвалын хурдад концентрацын үзүүлэх нөлөөг судлах багаж

А ба В туршилтын явцад үүсэх устөрөгчийн эзлэхүүн (см³)-ийг хугацаанаас хамааруулан хэмжсэн жишээ үр дүн:

Хугацаа, с	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
А туршилт	0	8	16	24	30	36	42	46	50	54	56	58	60	60
В туршилт	0	16	30	42	50	56	60	60	60	60	60	60	60	60

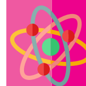


Зураг. 2.1.6. Урвалын дүнд ялгарах хийн эзлэхүүн ба хугацааны хамаарлын муруй

Уусмалын концентрацыг 2 дахин их авсан В урвал 60 секунд, харин А 120 секунд буюу хоёр дахин удаан явагдсан байна.

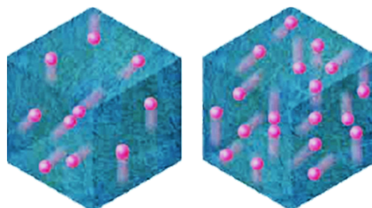
Аль ч урвалаас адил 60 см³ эзлэхүүнтэй устөрөгч үүсжээ. Урвал явагдаж дуусах үеийн дундаж хурдыг тооцоольё (Зураг 2.1.6).

В урвалын дундаж хурд А урвалын дундаж хурдаас 2 дахин их байна. Энэ жишээнээс үзэхэд эх бодисын концентрац хоёр дахин их байхад урвалын дундаж хурд хоёр дахин ихэссэн байна.



$$\upsilon_A = \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta C}{\Delta t} = \frac{60\ см^3\ \text{-}\ 0\ см^3}{120\ с\ \text{-}\ 0\ с} = 0.5\ см^3 \cdot с^{-1} \quad \upsilon_B = \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta C}{\Delta t} = \frac{60\ см^3\ \text{-}\ 0\ см^3}{60с\ \text{-}\ 0с} = 1.0\ см^3 \cdot с^{-1}$$

Урвалд орж буй бодисын концентрацыг ихэсгэхэд урвалын холимог дахь жижиг хэсгийн ашигтай мөргөлдөлтийн давтамж нэмэгдэж, улмаар урвалын хурд ихэсдэг. Бодисын концентрацыг багасгавал ашигтай мөргөлдөлтийн давтамж буурч урвал удааширна.



Дасгал

7. А ба В туршилтын үр дүнд үндэслэн дараах асуултад хариулна уу.

а) Хамаарах, үл хамаарах хувьсагчаар ямар хэмжигдэхүүнийг авсан бэ? б) Ямар хэмжигдэхүүнийг хэрхэн тогтмол байлгах вэ? в) Урвалд концентрацыг ялгаатай авсан байхад урвалын төгсгөлд устөрөгчийн эзлэхүүн яагаад өөрчлөгдөөгүй вэ?

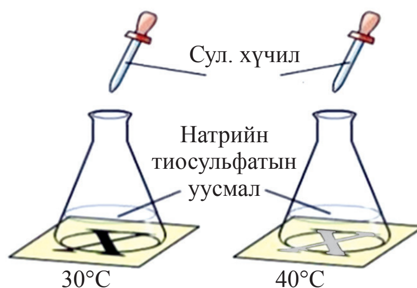
8. А ба В туршилтын 20-30 с, 60-70 с хугацааны мужид урвалын дундаж хурдыг тус тус олж харьцуулна уу.

Температурыг өөрчлөх. Хөргөгчид хадгалсан мах, сүү, хүнсний ногоо харьцангуй удаан муудна. Шарах шүүгээний температурын тохируулга алдагдвал хоол юу болох билээ. Температурыг өөрчлөх замаар урвалын хурдыг хэрхэн өөрчлөхийг устөрөгчийн хлоридын хүчил натрийн тиосульфаттай харилцан үйлчлэх урвалын жишээн дээр судлая.

$$Na_2S_2O_{3(уус)} + 2HCl_{(уус)} \rightarrow 2NaCl_{(уус)} + SO_{2(х)} + S_{(хат)} + H_2O_{(ш)}$$

Туршилт

1. Цаасан дээр харагдахуйц хэрээс зурна.
2. Хэрээстэй цаасан дээрээ натрийн тиосульфатын уусмалтай шилэн аягаа голлуулж тавина (хэрээс харагдахуйцаар).
3. Уусмал дээр хүчлийн уусмал нэмж хугацааг тэмдэглэн, холимгийн температурыг хэмжинэ.
4. Тунадас бууж хэрээс харагдахгүй болмогц цагаа зогсооно.
5. Уусмалын температурыг нэмэгдүүлж 4-5 ялгаатай температурт туршилтыг явуулна (натрийн тиосульфатын уусмалыг хүчил нэмэхээс өмнө халаана).

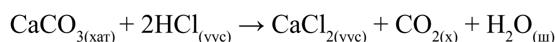


Зураг 2.1.7. Урвалын хурдад температурын нөлөөг судлах туршилт

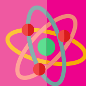
Урвал явагдаж хүхрийн тунадас буухад хэрээс харагдахгүй болно.

Урвалын холимгийн температурыг нэмэгдүүлэхэд урвалын холимог дахь жижиг хэсгийн кинетик энерги нэмэгдэж, хөдөлгөөн нь хурдасч ашигтай мөргөлдөлтийн тоо нэмэгдсэнээр урвалын хурд ихэснэ.

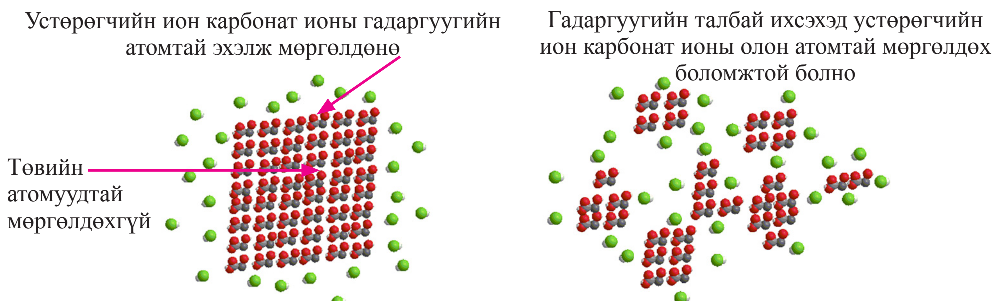
Бодисын гадаргуугийн талбайг өөрчлөх. Урвалд орж буй бодисын аль нэг нь хатуу төлөвтэй байвал гадаргуугийн талбайг нэмэгдүүлэх замаар урвалын хурдыг ихэсгэдэг.



$$CaCO_{3(хат)} + 2HCl_{(уус)} \rightarrow CaCl_{2(уус)} + CO_{2(х)} + H_2O_{(ш)}$$



Бодисын гадаргуугийн талбай урвалын хурдад хэрхэн нөлөөлөхийг янз бүрийн хэмжээтэй жижиглэсэн, адил масстай шохойн чулууг хүчилтэй урвалд оруулж, урвалын холимгийн масс эсвэл ялгарсан хийн эзлэхүүнийг хугацаанаас хамааруулан хэмжих замаар судалж болно.



Зураг 2.1.8. Ялгаатай гадаргуугийн талбай дахь жижиг хэсгийн мөргөлдөлтийн тооны ялгаа

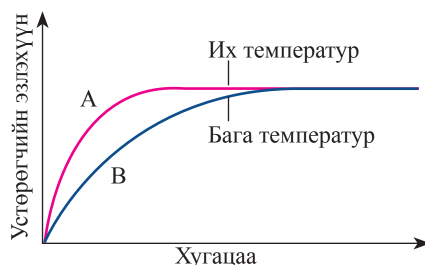
Урвалд орж буй бодисыг нунтаглахад гадаргуугийн талбай ихсэж, жижиг хэсгүүдийн мөргөлдөлтийн давтамж өсөж, ашигтай мөргөлдөлтийн тоо нэмэгдэн урвалын хурд ихэснэ.

Дасгал

9. Температурын нөлөөгөөр урвалын хурдыг өөрчилж буй өдөр тутмын амьдралын 2 жишээ гаргана уу.

10. Магни устөрөгчийн хлоридын уусмалтай үйлчлэх урвалын хурдад температурын үзүүлэх нөлөөг харьцуулан судалжээ.

    а) Ямар аргаар урвалын хурдыг судалсан бэ?, б) Урвалын хурд температураас хэрхэн хамаарч байна вэ? Шалтгааныг мөргөлдөлтийн онолоор тайлбарлана уу. в) Энэ хоёр урвалаас адил эзлэхүүнтэй устөрөгч үүсэх үү? г) В урвалын температурыг дахин бууруулбал ямар зүй тогтол ажиглагдахыг график дээр баримжаалан зурна уу.

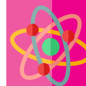


11. Нэгэн сурагч металл цайр ба устөрөгчийн хлоридын харилцан үйлчлэх урвалын хурдыг ихэсгэхийн тулд а) Хүчлийн концентрацыг нэмэгдүүлэх, б) Температурыг бууруулах, в) Хүчлийг хольж хутгах, г) Цайрыг нунтаглах зэрэг аргыг хэрэглэжээ. Аль тохиолдолд урвалын хурд ихсэх вэ? Яагаад?

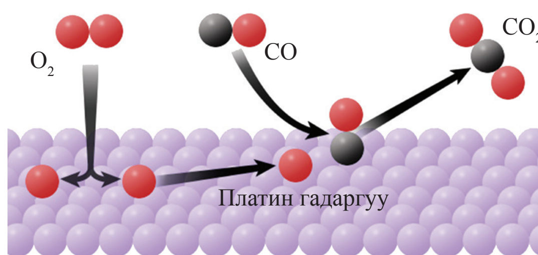
Катализ

Үйлдвэрлэлд чухал ач холбогдолтой олон урвалыг хурдасгах зорилгоор катализаторыг хэрэглэдэг. Тухайлбал, Габерийн урвалд Fe-ийг, хүхрийн хүчлийн үйлдвэрт хүхэр (IV)-ийн оксидоос хүхэр (VI)-ийн оксид гаргахад V_2O_5-ийг, этенийг гидрогенжүүлэхэд Ni-ийг катализатор болгоно. Энэ мэтээр олон төрлийн шилжилтийн металл, тэдгээрийн нэгдлийг катализатораар хэрэглэдэг. Урвалын идэвхжлийн энергийг бууруулах замаар химийн урвалын хурдыг ихэсгээд урвалын эцэст найрлага, тоо хэмжээгээ хадгалан үлддэг бодисыг **катализатор** гэнэ. Химийн урвалын тэгшитгэлд катализаторыг оруулалгүй бичдэг. Катализатор хэрэглэн химийн урвалыг хурдасгах үзэгдлийг **катализ** гэдэг.

Зурагт 2.1.9-д автомашинаас ялгардаг нүүрстөрөгч (II)-ийн оксидыг нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксидод хувиргах платин катализаторын үйлчлэлийг харуулсан байна.



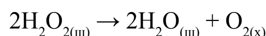
Хүчилтөрөгчийн молекул платин катализаторын гадаргуутай шүргэлцэж мөргөлдөхөд химийн холбоо тасарч, хүчилтөрөгчийн атомыг үүсгэнэ. Улмаар металлын гадаргуу дээрх химийн холбоо нь суларсан CO-той нэгдсэнээр CO_2 үүснэ.



Зураг 2.1.9. Платин катализаторын гадаргуу дээр явагдах $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$ урвал

Туршилт

Устөрөгчийн пероксид аажим задарч ус ба хүчилтөрөгч үүсгэдэг.

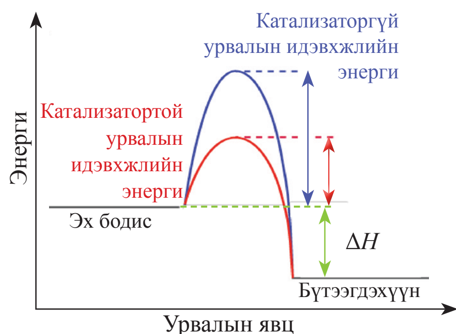


$$2H_2O_{2(ш)} \rightarrow 2H_2O_{(ш)} + O_{2(х)}$$

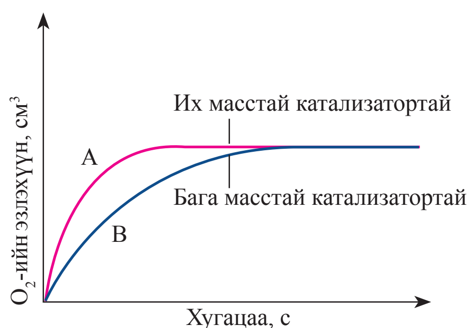
Урвалаас үүсэх хүчилтөрөгчийн бөмбөлгийн ялгаралт эсвэл цогшсон зомголын ноцох байдал зэргээр урвалын хурдны ялгааг чанарын хувьд таних боломжтой. Катализатор нэмэхэд урвалын хурд хэдэн мянга дахин ихсэж хүчилтөрөгч эрчимтэй ялгаран цогшсон зомгол ойртуулахад хурц дөл үүсгэн ноцно. Концентрацын өөрчлөлтөөс болох урвалын хурдны өөрчлөлтийг туршсан багаж (Зураг 2.1.5)-тай төстэй багаж хэрэглэн катализаторын үйлчлэлийг туршина. Бюреткийг усаар хийгүй дүүргэж урвалаас үүссэн хүчилтөрөгчийн эзлэхүүнийг хэмжиж урвалын хурдыг тодорхойлно.

Химийн урвалын хурд катализаторын шинж чанараас хамаардаг. Үүнийг устөрөгчийн пероксидын задрах урвалын хурдад MnO_2, CuO, ZnO, болон шанцай (эсвэл шинэхэн элэг) зэрэг катализаторын үзүүлэх нөлөөг харьцуулан судалж, график байгуулан тайлбарлах боломжтой. Оксид катализаторууд $MnO_2 \rightarrow CuO \rightarrow ZnO$ гэсэн дараалаар H_2O_2-ийн задрах урвалын хурдыг ихэсгэнэ. Өөрөөр хэлбэл, MnO_2 урвалыг илүү их хурдасгана.

Катализатор нь урвалыг идэвхжлийн энерги багатай, ялгаатай замаар явагдах нөхцөлийг бүрдүүлж өгдөг тул урвалын хурд ихэсдэг. Өөрөөр хэлбэл, катализатор урвал явах замыг өөрчилдөг. Зүйрлэж хэлбэл, А сумаас В сум хүрэх замд өндөр, нам оргилыг дайрч гарах хоёр өөр зам байвал нам оргилоор давж хүрэх замыг чиглүүлж өгнө гэсэн үг. Катализатортай явагдах урвалын идэвхжлийн энерги катализаторгүй урвалынхаас бага байдаг.

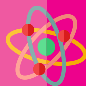


Зураг 2.1.10. Катализатортай ба катализаторгүй явагдсан урвалын идэвхжлийн энергийн ялгаа



Зураг 2.1.11. Катализаторыг их, бага масстай авсан устөрөгчийн пероксидын задрах урвалын хурд

Тухайн урвалын хурд катализаторын массаас хамаарна. Холимогт хэдийчинээ их катализатор нэмнэ, урвал төдийчинээ хурдан явагдана.



Энзим. Түүхий элэг, шанцай, төмс зэргийн урвалыг хурдасгах чадвар нь тэдгээрт агуулагдах биокатализаторын үйлчлэлтэй холбоотой. Урвалыг хурдасгадаг биологийн катализаторыг **энзим** (фермент) гэнэ. Бүх амьд организм, түүний дотор та бидний биед ч маш олон төрлийн энзим агуулагдаж, олон урвалыг идэвхжүүлнэ. Жишээлбэл: хүний шүлсэнд агуулагддаг амилаза энзим хүнсэн дэх цардуулыг задална. Өөх тос, цардуул, уургийг задалдаг энзимийг угаалгын бодисын найрлагад нэмдэг. Манай ард түмэн хэдэн мянган жилийн өмнөөс айраг, тараг исгэх, арьс шир боловсруулах зэргээр энзимийг хэрэглэж ирсэн. Орчин үед талх, тараг үйлдвэрлэхэд энзим ялгаруулдаг бактерийг үржүүлэн хөрөнгөөр ашигладаг.

Энзимийн молекул илүү нийлмэл бүтэцтэй тул хамгийн энгийн загвараар түүний урвалыг хурдасгах үйлчилгээг харуулъя (Зураг 2.1.12). Эхлээд энзим болон урвалд орж буй эх бодисын молекулууд идэвхтэй хэсгээрээ холбогдохын тулд зөв байрлал эзлэх ёстой. Дараа нь харилцан холбогдсоноор эх бодисын молекулын химийн холбоо хялбар тасарч бүтээгдэхүүн үүснэ.

Зураг 2.1.12. Энзимийн үйлчлэл

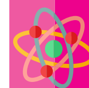
Цоожинд түлхүүр тааруулахтай төстэй тул энзимийн ийм үйлчлэлийг **түлхүүр цоожны зарчим** (дүрэм) гэж нэрлэдэг.

Дасгал

12. Яагаад үйлдвэрлэлд катализатор хэрэглэх нь чухал вэ?
13. Катализаторыг дахин хэрэглэж болох уу? MnO_2 катализатор ямар ч урвалыг хурдасгах уу?
14. Яагаад бидний биед энзим хэрэгтэй болохыг тайлбарлана уу.
15. Биоугаалгын нунтагийн шошго дээр 40°С-аас дээш температурт хэрэглэхийг хориглосон тэмдэг байдаг. Яагаад?

Дэд бүлгийн дүгнэлт

- Химийн урвалын хурдыг нэгж хугацаан дахь эх бодисын эсвэл бүтээгдэхүүн бодисын тоо хэмжээний өөрчлөлтөөр тодорхойлдог.
- Химийн урвалын хурдыг эх бодисын концентрац, гадаргуугийн талбай, орчны температурыг өөрчлөх болон катализатор нэмэх аргаар өөрчилдөг.
- Урвалын хурд нь урвалын холимог дахь жижиг хэсгүүдийн хөдөлгөөний кинетик энерги, атом, молекул, ионуудын орон зайн зөв байрлал, тэдгээрийн мөргөлдөлтийн тоо гэсэн гурван хүчин зүйлээс голлон хамаардаг.

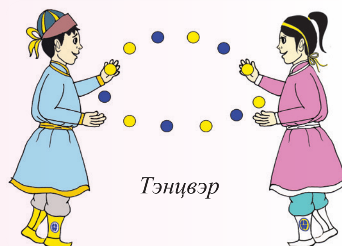


2.2. ЭРГЭХ УРВАЛ БА ХИМИЙН ТЭНЦВЭР

Түлхүүр үг. Эргэх урвал, Динамик тэнцвэр, Химийн тэнцвэр, Тэнцвэрийн шилжилт.

Хүүхдүүд Та нар циркийн жонглёрчид тоглолт хийж байхыг харж байсан уу? Нэг болон олон тооны жонглёрчин хэд хэдэн бөмбөгийг харилцан шидэлцдэг шүү дээ.

Зурагт үзүүлснээр адил жин, өндөртэй 2 жонглёрчин 6 ижил бөмбөгийг харилцан шидэж дамжуулж байна гэе. Тэд адил хурдтайгаар адил тооны бөмбөгийг бие биедээ дамжуулна. Энэ нь динамик тэнцвэртэй байгааг илтгэдэг. Бөмбөгийг харилцан шидсэнээр байнгын өөрчлөлттэй байх боловч бүхэлд нь харахад өөрчлөлт байхгүй болохыг ажиглаарай.



Эргэх урвал

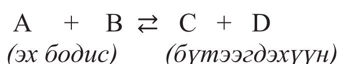
Тодорхой нөхцөлд эх бодисоос бүтээгдэхүүн үүсгэх, бүтээгдэхүүн нь эргээд эх бодисыг үүсгэх хоёр урвал харилцан эсрэг чиглэлд явагддаг урвалыг **эргэх урвал** гэдэг. Ихэнх химийн урвал эцсээ хүртэл явагддаггүй, эргэх урвал байдаг.

$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$
Zn үртэс дээр давсны хүчил нэмэхэд урвал маш эрчимтэй явагдаж устөрөгч хий ялгарч, цайр эсвэл хүчил урвалд орж дуусахад урвал явагдаж дуусдаг.

Метилен хөх бол ангижирсан хэлбэр нь өнгөгүй, исэлдсэн хэлбэр нь хөх өнгөтэй индикатор юм. Суурилаг орчинд глюкозын нөлөөгөөр индикатор ангижирч өнгө нь арилах ба сэгсэрснээр хүчилтөрөгчийн нөлөөгөөр дахин исэлдэж хөх өнгөтэй болно.

Тод хөх өнгийн талст давс болох зэсийн байванг халаахад ус ууршиж, цагаан өнгийн $CuSO_4$-ын талст давс үүсдэг. Цагаан өнгөтэй $CuSO_4$-ын талст дээр ус дусаахад эргээд хөх өнгөтэй болж зэсийн байван үүсдэг.

Бидний тэмдэглэж заншсан нэг чиглэлтэй сум болон тэнцүүгийн тэмдгийн оронд хоёр тийш чиглэсэн сумаар эх ба бүтээгдэхүүн бодисыг холбон эргэх урвалыг ялган тэмдэглэдэг.



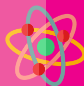
$$A + B \rightleftarrows C + D$$
(эх бодис) *(бүтээгдэхүүн)*

Тухайлбал: эргэх урвалаар A ба B гэсэн урвалын эх бодисууд харилцан үйлчилж C, D бүтээгдэхүүн бодисыг үүсгэхийн зэрэгцээ C, D бодисууд харилцан үйлчилж, буцах урвал явагдан буцаад A ба B эх бодисыг үүсгэдэг.

Химийн тэнцвэр

Катализатор, температур, эх бодисын анхны концентрацын нөлөөгөөр урвалын хурдыг өөрчилж болох ч бүтээгдэхүүний гарц үл өөрчлөгдөн, бодисын тоо хэмжээ хадгалагдан үлдэх нь элбэг байдаг. Энэ нь аливаа химийн урвал тухайн нөхцөлд буцан явагдаж байдагтай холбоотой юм.

Үүнээс өмнө бид химийн урвалын дүнд эх бодисоос бүтээгдэхүүн үүсдэг болохыг зүүн гар талаас баруун гар тал руу чиглэсэн сумаар загварчлан харуулж, эх бодис бүрэн урвалд орж

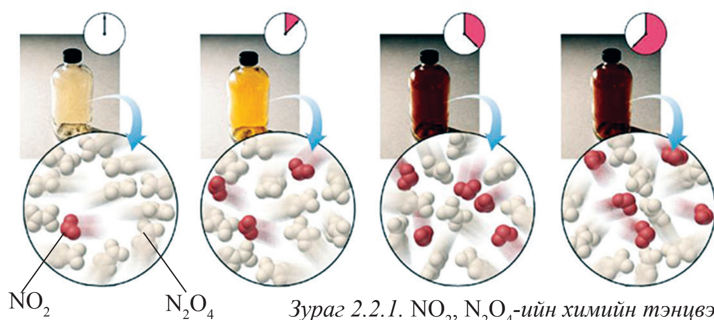


дуустал урвал явагдана гэж тооцож ирсэн. Гэвч ихэнх тохиолдолд эх бодис зарцуулагдаж дуусахаас өмнө урвал явагдаж буй шинж тэмдэг ажиглагдахаа больдог. Үүний шалтгаан бол тухайн тогтолцоонд бүтээгдэхүүн үүсэх **шулуун урвал**аас гадна эх бодисоо үүсгэх **буцах урвал** нэгэн зэрэг явагдаж байгаатай холбоотой. Шулуун урвал зогсоогүй явагдаж байгаа болович буцах урвал мөн адил хурдтайгаар явагдаж байгаа. Ийм учраас эх бодис болон бүтээгдэхүүн бодисын тоо хэмжээнд өөрчлөлт гарахгүй. Энэ үеийг урвалын холимогт буюу тогтолцоонд динамик тэнцвэр тогтлоо гэж хэлнэ. Эх болон бүтээгдэхүүн бодисын тоо хэмжээ өөрчлөгдөхгүй байгааг үндэслэн урвалыг статик төлөвт байна гэж хэлж болох хэдий ч атом, молекулын түвшинд харвал жижиг хэсгийн харилцан үйлчлэл тасралтгүй явагдах динамик төлөв хадгалагдаж байдаг.

Орчны нөхцөл тогтмол үед химийн тэнцвэр тогтсон битүү тогтолцоо (систем)-д шулуун болон буцах урвалын хурд тэнцүү байх тул урвалд орж байгаа болон үүсэж байгаа бодисын концентрац өөрчлөгдөхгүй, тогтмол байна. Үүнийг химийн урвалын **хөдөлгөөнт** буюу **динамик тэнцвэр** гэнэ.

Химийн тэнцвэр хэрхэн тогтдогийг өнгөгүй хий болох азотын тетроксид (N_2O_4)-оос бор шар өнгийн азотын диоксид (NO_2) үүсэх урвалаар жишээлэн авч үзье.

Энэ системд $N_2O_{4(x)} \rightleftarrows 2NO_{2(x)}$ химийн урвал явагдаж тэнцвэр тогтдог. Урвалын холимог болох NO_2, N_2O_4 нь химийн динамик тэнцвэрт оршдог.

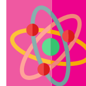


Зураг 2.2.1. NO_2, N_2O_4*-ийн химийн тэнцвэр*

Өнгөгүй хий N_2O_4 задарч бор шар өнгөтэй хий NO_2-ийг үүсгэдэг. Урвал явагдаж тэнцвэрийн нөхцөл рүү дөхөхийн хэрээр урвалын холимог дахь NO_2-ын тоо хэмжээ ихсэж холимгийн өнгө тодордог.

Урвалаар NO_2 хий үүсэхийн хэрээр өнгө нь улам тодордог. Харин системд тэнцвэр тогтоход N_2O_4, NO_2 хоёулаа урвалын холимогт оршино (Зураг 2.2.1). N_2O_4-оос NO_2 үүсэх урвал нь эргэх урвал юм. Шулуун ба буцах хоёр чиглэлтэй тэнцвэрийн сум ($\rightleftarrows$)-аар илэрхийлдэг. Практикт ихэнх урвал эргэх байдаг болович зорилгоосоо хамаарч химийн урвалыг эх бодис бүрэн зарцуулагдаж дуустал нь шулуун урвалын чигт шилжүүлж болдог. Ийм урвалыг эх бодисоос бүтээгдэхүүн үүсэж байгааг харуулсан нэг чиглэлтэй сум ($\rightarrow$)-аар тэмдэглэдэг. Эргэх урвалд эх бодисууд урвалд орж бүтээгдэхүүнийг, бүтээгдэхүүн бодис урвалд орж эх бодисуудыг үүсгэдэг. Иймд N_2O_4 нь NO_2-ийг үүсгэн задрах ($N_2O_{4(x)} \rightarrow 2NO_{2(x)}$)-аас гадна NO_2 нь N_2O_4-ийг үүсгэн урвалд ордог ($2NO_{2(x)} \rightarrow N_2O_{4(x)}$). Шулуун урвалаар NO_2 үүсэж байхад буцах урвал явагдаж N_2O_4 дахин үүсэж эхэлдэг. Химийн тэнцвэр тогтсоны дараа урвалын холимог дахь NO_2, N_2O_4-ийн концентрац өөрчлөгдөхгүй, тогтмол болдог. Учир нь тэнцвэр тогтсоны дараа N_2O_4-ийн урвалд орох хурд, буцах урвалаар N_2O_4-ийн үүсэх хурдтай тэнцүү байдаг.

Битүү системд, урвалын орчны температур тогтмол үед химийн тэнцвэр тогтоход концентрацын ямар ч өөрчлөлт болохгүй. Ийм учраас тэнцвэр тогтсон системд урвал харилцан эсрэг зүгт явах болович шулуун болон буцах урвалын хурд тэнцүү учраас концентрац, өнгө зэрэг шинж чанарын өөрчлөлт ажиглагдахгүй. Химийн урвалын энэхүү далд шинж нь химийн тэнцвэр хөдөлгөөнтэй буюу динамик шинжтэй байх далд мөн чанарыг тодорхойлдог.



Наполеон Бонапарт эргэх урвалыг нээхэд тусалсан нь
1798 онд Наполеон Бонапарт Францын нэр хүндтэй химич К.Л.Бертолетийг урьж Египет рүү хийсэн холын аялалдаа зөвлөхөөр авч явжээ. Египетэд ирсний дараа Бертолет давстай нуурын эрэг хавиар натрийн карбонат тунадасжсаныг харсан байна. Тэрээр $Na_2CO_3 + CaCl_2 \rightleftarrows CaCO_3 + 2\ NaCl$ урвалыг лабораторид туршиж, давсны агуулга өндөртэй усанд эргэх урвалаар Na_2CO_3 үүсэх ёстой гэдгийг ойлгосон. Тэрээр 1803 онд зохиосон *“Essai de statique chimique”* номондоо урвалын бүтээгдэхүүн бодис илүүдлээр байвал энэ нь урвалыг буцах чиглэлд явуулдаг гэсэн нээлтээ бичсэн байдаг. Харамсалтай нь урвал буцан явагдах эсэх нь холимогт байгаа бодисын тоо хэмжээнээс хамаардаг гэж ташаа тайлбарласнаас үүдэн энэхүү нээлт няцаагдаж даруй 50 жилийн турш дахин яригдаагүй байдаг.

Химийн тэнцвэрт нөлөөлөх хүчин зүйл

Химийн тэнцвэрт орших системийн онцлог шинж нь тэнцвэрийн нөхцөлийг өөрчилсний дараа шинэ нөхцөлд тэнцвэр дахин тогтдогт оршино. Шинэ нөхцөлд химийн тэнцвэр дахин тогтох үед тэнцвэрийн байрлал хэрхэн шилждэгийг 1884 онд Францын химич Ле Шаталье тогтоосон байдаг.

Тэнцвэрт орших системд гаднаас ямар нэг хүчээр үйлчлэхэд химийн тэнцвэр уг үйлчлэлийг бууруулах чиглэлд шилжиж, тэнцвэр дахин тогтоно. Үүнийг **Ле Шательен зарчим** гэж нэрлэдэг.

Концентрацын нөлөө. $A + B \rightleftarrows C + D$ гэсэн урвалд тэнцвэр тогтсон гэе.

А бодисыг тэнцвэрийн системд нэмбэл ямар өөрчлөлт гарах вэ? Ле Шательен зарчим ёсоор А бодисын концентрацыг бууруулах чигт буюу бүтээгдэхүүн үүсэх чиглэлд тэнцвэр шилжиж, дахин шинээр тэнцвэр тогтоно. Ингэснээр В бодис хамгийн боломжит хэмжээгээр урвалд зарцуулагдаж чадна. Энэ нь А бодисыг бодвол В бодис өндөр үнэтэй, олдоц багатай үед тэнцвэрийг өөрт ашигтай чиглэл рүү шилжүүлэх боломжтой болохыг илтгэнэ.

$A + B \rightleftarrows C + D$

А бодисын концентрацыг ихэсгэвэл тэнцвэр баруун тийш буюу шулуун урвалын зүг шилжинэ.

А бодисын концентрацыг бууруулбал тэнцвэрийн системд ямар өөрчлөлт гарах вэ? Ле Шательен зарчим ёсоор А бодисын концентрацыг ихэсгэх чигт буюу эх бодисыг үүсгэх буцах урвалын зүг тэнцвэр шилжиж, дахин шинээр тэнцвэр тогтоно.

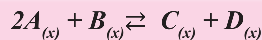
$A + B \rightleftarrows C + D$

А бодисын концентрацыг бууруулбал тэнцвэр зүүн тийш буюу буцах урвалын зүг шилжинэ.

Урвалын холимогт үүссэн бүтээгдэхүүнийг ялгаж авбал урвал шулуун урвалын зүг шилжинэ. Жишээлбэл: С бодисыг үүсмэгц урвалын холимгоос ялгаж аваад байхад тэнцвэр бүтээгдэхүүн үүсгэх чигт шилжиж, урвалыг нэг чиглэлд явуулах боломжтой болно.

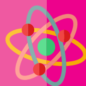
Даралтын нөлөө. $2A_{(х)} + B_{(х)} \rightleftarrows C_{(х)} + D_{(х)}$ гэсэн урвалд тэнцвэр тогтсон гэе. А хийг нэмэх замаар даралтыг ихэсгэвэл тэнцвэрийн системд ямар өөрчлөлт гарах вэ? Хийн молекулууд агуулж буй савны ханыг мөргөх хүчээр даралт тодорхойлогддог. Урвалын холимогт молекулын тоо хэдийчинээ их байна, даралт төдийчинээ их байна.

$2A_{(x)} + B_{(x)} \rightleftarrows C_{(x)} + D_{(x)}$



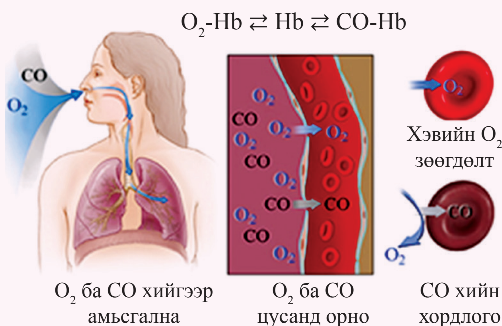
А хийн даралтыг ихэсгэвэл тэнцвэр баруун тийш буюу шулуун урвалын зүг шилжинэ.

Иймд Ле Шательен зарчим ёсоор А хийн даралтыг бууруулахад эх бодис (А)-ын молекулын тоо буурах чигт буюу бүтээгдэхүүн үүсэх чиглэлд тэнцвэр шилжиж, дахин шинээр тэнцвэр тогтоно.



Мэдэхэд илүүдэхгүй

Нүүрстөрөгч (II)-ийн оксидын хордлого

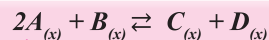


CO нь автомашины түлшний дутуу шаталт, тамхины утаанаас үүсдэг бөгөөд хүний цусан дахь гемоглобин (Hb)-той O_2-ыг бодвол 200 дахин их хүчээр холбогдон O_2-Hb ⇄ Hb ⇄ CO-Hb гэсэн тэнцвэр тогтдог. Ийм тэнцвэр тогтсоноор хүний биеийг O_2-оор хангах, түүнийг зөөвөрлөх үйл явц үлэмж хэмжээгээр удааширдаг. Агаарын эзлэхүүний 0.1%-ийг CO эзэлдэг ба хүн ийм агаараар амьсгалахад CO гемоглобины холбоо үүсгэх төвийн бараг тэн хагастай холбогдох боломжтой.

Ингэснээр эд эсэд зөөвөрлөгдөх шаардлагатай O_2-ийн агууламжийг ноцтой хэмжээнд хүртэл бууруулах эрсдлийг бий болгоно. CO-ын хордлогын эмчилгээ нь тэнцвэрийг буцах урвалын чиглэлд шилжүүлэх зорилготой. Иймээс учраас өвчтөнд O_2-ын эмчилгээ хийдэг. Орчин үед 1 атм даралтаас их даралттай O_2 хийг гаргах чадалтай төхөөрөмжийн тусламжтай асуудлыг шийдвэрлэдэг болжээ.

А хийн даралтыг бууруулбал тэнцвэрийн системд ямар өөрчлөлт гарах вэ? Ле Шательен зарчим ёсоор А хийн даралтыг ихэсгэх буюу эх бодис үүсэх (буцах урвал) зүг тэнцвэр шилжиж, дахин шинээр тэнцвэр тогтоно.

$$2A_{(x)} + B_{(x)} \rightleftarrows C_{(x)} + D_{(x)}$$



А хийн даралтыг бууруулбал тэнцвэр зүүн тийш буюу буцах урвалын зүг шилжинэ.

Хий төлөвтэй эх ба бүтээгдэхүүн бодисуудын молекулын тоо адил бол тэнцвэрийн нөхцөлд даралт нөлөөлөх үү? Энэ тохиолдолд эх ба бүтээгдэхүүн бодисын молекулын тоо адил өөрөөр хэлбэл савны ханыг мөргөх молекулын тоо адил учир тэнцвэрт даралт нөлөө үзүүлэхгүй, тэнцвэр шилжихгүй.

Температурын нөлөө. Химийн тэнцвэрт температурын үзүүлэх нөлөөг тогтоохын тулд өгсөн химийн урвал экзотермийн, эндотермийн урвалын аль нь болохыг тогтоох шаардлагатай.

A + 2B ⇄ C + D, ΔH=-250 кЖ·моль$^{-1}$ гэсэн экзотермийн урвал явагдсан гэе. Буцах урвал дулаан шингээдэг эндотермийн урвал болно.

А ба В бодис урвалд бүрэн орж С ба D бодисыг үүсгэхэд 250 кЖ дулаан ялгарна.

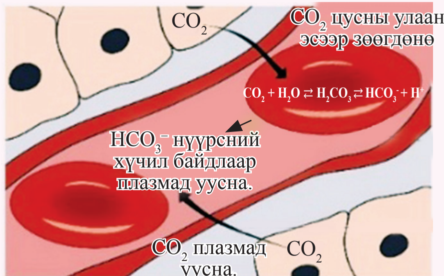
$$A + 2B \rightleftarrows C + D,\ \Delta H = -250\ кЖ\cdot моль^{-1}$$

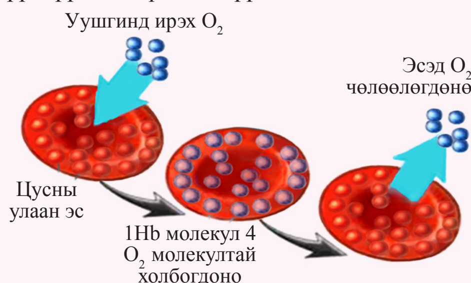
С ба D бодис урвалд бүрэн орж А ба В бодисыг үүсгэхэд 250 кЖ дулаан шингээнэ.

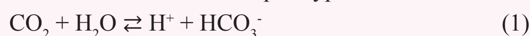
Температурыг ихэсгэвэл тэнцвэр хэрхэн шилжих вэ? Хэрвээ химийн тэнцвэр тогтсон системийн температурыг бууруулбал тэнцвэр дулаан ялгарч байгаа буюу экзотермийн урвалын чиглэл рүү, температурыг ихэсгэвэл тэнцвэр дулаан шингээх буюу эндотермийн урвалын чиглэл рүү шилжинэ. Ле Шательен зарчим ёсоор гадны хүчийг бууруулах чигт химийн тэнцвэр шилжинэ. Жишээлбэл: 300°C температурт тэнцвэрт орших буй системийн температурыг 500°C болтол ихэсгэсэн бол тэнцвэрийн байрлал хэрхэн өөрчлөгдөх вэ? Энэ системийн температурыг хэрхэн бууруулах вэ? Үүний тулд нэмэлт дулааныг шингээх ёстой болно. Тэнцвэр тогтсон систем буцах урвалын чигт дулааныг шингээдэг тул тэнцвэрийн байрлал зүүн гар тийш шилжих ба шинээр тогтсон тэнцвэрийн холимогт өмнөхөөс их концентрацтай A, B, бага концентрацтай C, D бодисууд агуулагдана. Хэрэв C, D бодисын концентрацыг ихэсгэх зорилготой байсан бол шулуун урвал экзотермийн урвал үед

Мэдэхэд илүүдэхгүй

Цусан дахь O_2 ба CO_2-ын эргэх үзэгдэл. Амьд организмд явагддаг ихэнх химийн урвал Ле Шательен зарчмаар явагддагийг хүүхдүүд Та нар мэдэх үү?







CO_2 плазмд энзимийн оролцоотой HCO_3^- ионд шилждэг бөгөөд энэ нь эргэх урвал юм.

$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H^+ + HCO_3^-$ (1)

CO_2 устай урвалд орж цусны хүчиллэг чанарын тэнцвэрийг алдагдуулах сул хүчил болох нүүрсний хүчлийг үүсгэнэ: $CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3^-$ (2)

Нүүрсний хүчил CO_3^{2-} иontой үйлчилж HCO_3^- ионыг үүсгэнэ. $H_2CO_3 + CO_3^{2-} \rightleftarrows 2HCO_3^-$ (3)

Хүний биеийн эдүүдэд CO_2-ийн агууламж маш өндөр болсноор урвал (2, 3)-ын тэнцвэр баруун гар тийш шилжинэ. Улмаар үүссэн HCO_3^- ион CO_2-ийн даралт маш бага байгаа уушгины эдэд очмогц буцах урвал (1) явагдаж. CO_2 амьсгалаар гадагшилна.

Гемоглобин нь төмөр агуулсан уураг бөгөөд 4 O_2-ийн молекултай холбогдож эд эсэд O_2-ийг дамжуулдаг. Агаар дахь O_2 хийн хувийн даралт 0.2 атм байдаг нь гемоглобинтой харилцан үйлчилж оксигемоглобин үүсгэх таатай нөхцөл болдог. Биеийн эдэд цусны дамжуулах капиллярын төгсгөлд эсүүдийн O_2-ийн зарцуулалтаас шалтгаалан O_2 хийн концентрац 50%-аар багассан байдаг. Ингэснээр O_2 хий чөлөөлөгдөж эсэд диффузилэгдэх боломжтой болох ба тэнцвэр зүүн гар тийш шилжинэ.

урвалын температурыг ихэсгэх нь оновчтой санаа болж чадахгүй.

Температурыг ихэсгэхэд тэнцвэрийн байрлал зүүн гар тийш шилжинэ

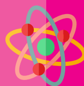
$$A + 2B \rightleftarrows C + D, \Delta H = -250\ кЖ{\cdot}моль^{-1}$$

Температурыг бууруулахад тэнцвэрийн байрлал баруун гар тийш шилжинэ

Температурыг бууруулахад тэнцвэрийн системд ямар шилжилт болох вэ? 500°C температурт тэнцвэрт оршиж буй системийн температурыг 400°C болтол бууруулсан бол тэнцвэрийн байрлал хэрхэн өөрчлөгдөх вэ? Энэ системийн температурыг хэрхэн бууруулах вэ? Урвалын температур анхны температур хүртэл ихсэн өөрөө халах чиглэлд тэнцвэр шилжинэ. Өөрөөр хэлбэл экзотермийн урвал явагдах чиглэлд буюу бүтээгдэхүүн үүсэх чиглэлд тэнцвэрийн байрлал шилжинэ. Температурыг бууруулахын хэрээр A, B бодис урвалд орж C, D бүтээгдэхүүнийг үүсгэнэ.

Химийн тэнцвэрт катализатор нөлөөлөх үү? Химийн урвалын хурд дэд бүлэгт үзсэн ёсоор катализатор нь шулуун ба буцах урвалын хурдыг яг адил хэмжээгээр хурдасгадаг (Зураг 2.1.11). Иймд шулуун ба буцах урвалын харьцангуй хурд катализатор нэмсэн ч өөрчлөгдөхгүй тогтмол хадгалагдах учраас тэнцвэрийн байрлалд нөлөө үзүүлэхгүй.

Динамик тэнцвэр тогтсон системд шулуун ба буцах урвалын хурд адил байна. Маш удаан явагддаг урвалын хувьд тэнцвэр маш удаан тогтоно. Урвалын холимогт катализатор нэмснээр шулуун ба буцах урвалын хурд нэмэгдэж, тэнцвэр хурдан тогтдог. Харин тэнцвэрийн холимог дахь бодисын тоо хэмжээ өөрчлөгдөхгүй тогтмол үлддэг. Урвалын холимогт катализатор нэмснээр идэвхжлийн энергийг бууруулах боловч эргэх урвалын тэнцвэрийн нөхцөлд нөлөөлдөггүй байна. Өөрөөр хэлбэл тэнцвэрийн байрлал нь урвалын механизм, хурдаас үл хамаарна.



Дасгал

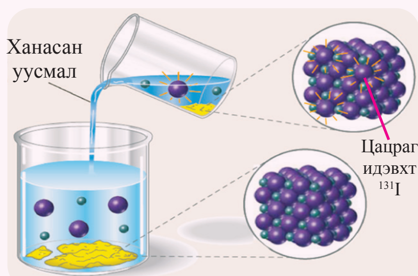
1. Дараах илэрхийллийг үнэн/худал аль нь болохыг тогтоогоорой.

№	Илэрхийлэл	Үнэн/худал
1	Химийн тэнцвэр тогтсоны дараа урвал явагдахгүй зогсдог.	
2	Химийн тэнцвэр тогтсоны дараа урвалд оролцож буй бодисуудын концентрац өөрчлөгддөггүй.	
3	Химийн тэнцвэр тогтсон системд даралтыг ихэсгэхэд хий төлөвтэй бодисын тоо хэмжээ багасах чиглэл рүү тэнцвэр шилжинэ.	
4	Химийн тэнцвэр тогтсон системд катализатор нөлөөлдөг.	
5	Химийн тэнцвэр тогтсон системд эх ба бүтээгдэхүүн бодисын тоо хэмжээ тэнцүү байна.	
6	Химийн тэнцвэр тогтсон системд температурыг ихэсгэхэд тэнцвэр эндотермийн урвалын зүгт шилжинэ.	

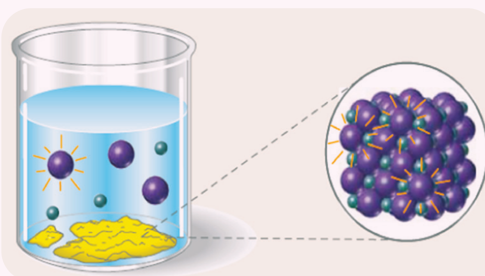
2. Тус бүр 3 моль A, B болон C бодисуудыг холиход $A_{(x)} + B_{(x)} \rightleftarrows 2C_{(x)}$ гэсэн урвал явагджээ. Тэнцвэр тогтсоны дараа урвалын холимогт 4.5 моль C бодис байв. а) Тэнцвэрийн үеийн A, B бодисын молийг тооцоолно уу, б) Тэнцвэр тогтсон системийн даралтыг 2 дахин ихэсгэвэл бүтээгдэхүүний гарц нэмэгдэх үү? в) Бүтээгдэхүүний гарцыг нэмэгдүүлэхийн тулд өөр ямар хүчин зүйлийг хэрхэн өөрчлөх вэ?
3. Битүү саванд $2SO_{2(x)} + O_{2(x)} \rightleftarrows 2SO_{3(x)}$ гэсэн тэнцвэр тогтсон систем байв. 2 цагийн дараа шулуун ба буцах урвалын хурд хэрхэн өөрчлөгдөх вэ?
4. Битүү системд эргэх урвал явагдахад тодорхой хугацааны дараа тэнцвэр тогтдог. а) Битүү систем гэж юуг ойлгох вэ? б) Эргэх урвал явагдаж тэнцвэр тогтоход урвал явагдаагүй, зогссон юм шиг байдгийн шалтгааныг тайлбарлаарай.
5. Аммиакийг устөрөгч болон азотын харилцан үйлчлэлээр гарган авдаг. Энд $N_{2(x)} + 3H_{2(x)} \rightleftarrows 2NH_{3(x)}$ эргэх урвал явагдаж тэнцвэр тогтдог. а) Устөрөгчийн байгалийн түүхий эд юу вэ? б) Энэ урвалыг хурдасгахын тулд катализатор хэрэглэдэг. Катализатор урвалыг хэрхэн хурдасгадаг вэ? в) Хэрэв даралтыг ихэсгэвэл бүтээгдэхүүний гарц ихсэх үү? Хариултаа үндэслэлтэй тайлбарлаарай.

Мэдэхэд илүүдэхгүй

Химийн тэнцвэр тогтсоны дараа шулуун ба буцах урвал харилцан эсрэг явагдаж байгаа гэдгийг хэрхэн мэдэх вэ?



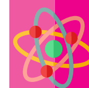
AgI-ын ханасан уусмалд цацраг идэвхт ^{131}I бүхий $Ag^{131}I$-ын ханасан уусмалыг нэмж уусмал ба хатуу AgI дахь цацраг идэвхт $^{131}I^-$ ионы агууламжийг бүртгэе.



Тодорхой хугацааны дараа цацраг идэвхт AgI нь хатуу AgI болон уусмалд тархах ба энэ нь химийн тэнцвэр динамик шинжтэй болохыг илтгэнэ.

Химийн тэнцвэр ба аммиакийн үйлдвэрлэл

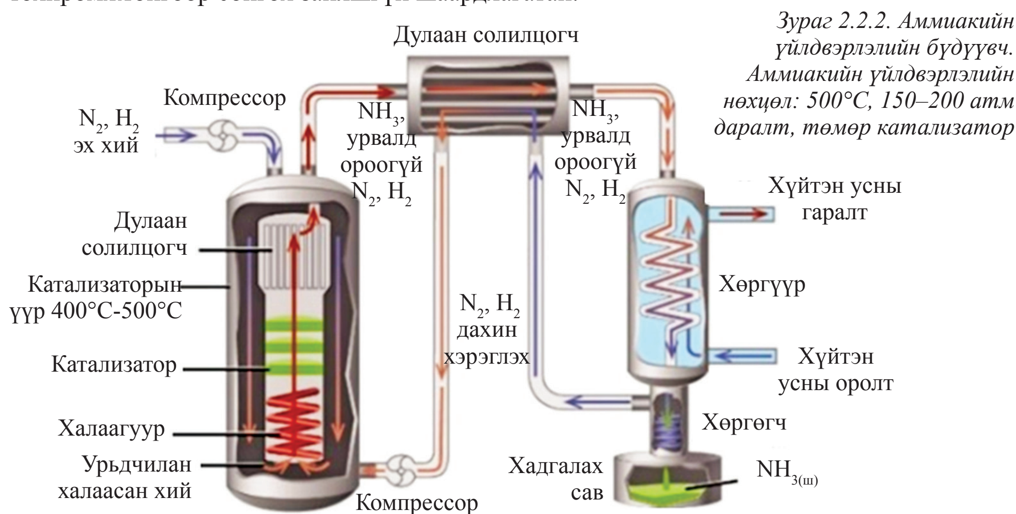
Химийн тэнцвэрийн шилжилтэд даралт, температурын үүргийг устөрөгч ба азотоос аммиак гарган авах урвал ($N_{2(x)} + 3H_{2(x)} \rightleftarrows 2NH_{3(x)}$)-аар жишээлэн үзье.



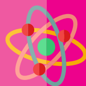
Хүн төрөлхтөн азот, устөрөгчийн харилцан үйлчлэлээр аммиак үүсэх урвалыг мэддэг байсан ч химийн тэнцвэрт үзүүлэх хүчин зүйлийн нөлөөг ойлгосны дараа буюу ердөө XX зууны эхээр аммиакийг их хэмжээгээр үйлдвэрлэх боломжтой болсон байдаг.

Польш гаралтай Германы химич Ф.Габер Карлсруэгийн их сургуульд ажиллаж байхдаа өндөр даралт, температурт устөрөгч ба агаарын азотыг катализаторын оролцоотой урвалд оруулж аммиак гарган авах арга (Хожим нь энэ урвалыг Габерийн процесс гэж нэрлэсэн)-ыг боловсруулсан. Энэ ажлаараа 1918 онд химийн шинжлэх ухааны Нобелийн шагнал хүртсэн байдаг. Түүний ажлын дүнд тариаланчид натрийн нитрат зэрэг бордоог олборлох байгалийн түүхий эдийн хараат байдлаас чөлөөлөгдсөн тул XX зууны эхээр хөдөө аж ахуйн салбарт хувьсгал хийгдсэн гэж түүхэнд бичигддэг.

Үйлдвэрийн нөхцөлд аммиакийг гарган авахын тулд урвал харьцангуй хурдан явагддаг, бүтээгдэхүүний гарц өндөр байх шаардлагатай (Зураг 2.2.2). Бүтээгдэхүүний гарцыг хэрхэн нэмэгдүүлэх вэ? Аммиак гарган авах урвал хийн төлөвт явагддаг тул химийн тэнцвэрийг аммиак үүсэх чиглэлд шилжүүлэхийн тулд системийн даралтыг ихэсгэх шаардлагатай. Хэдийгээр хийн холимгийн ерөнхий даралтыг ихэсгэхэд бүтээгдэхүүний гарц ихэсдэг ч нам температурт аммиак үүсэх хурд удаашрдаг. Өрөөний температурт азот (агаараас), устөрөгч хий (байгалийн хий, кокс, усан хий, уснаас)-г холин урвал явуулбал 60-70 жилийн туршид ч бүртгэгдэхүйц хэмжээний аммиак үүсэхээргүй удаан явагддаг. Азот, устөрөгч хийнээс аммиак үүсэх урвал нь экзотермийн урвал учраас температурыг ихэсгэхэд тэнцвэр буцах урвалын зүг шилжиж аммиакийн гарц багасах боловч урвалын хурд ихэснэ. Нөгөө талаас температурыг бууруулбал тэнцвэр аммиак үүсэх шулуун урвалын зүгт шилжих боловч урвалын хурд буурсантай холбоотой тэнцвэр тогтох хугацаа удаашрдаг. Иймд урвалын хурд, бүтээгдэхүүний гарцыг аюул эрсдэлгүй, эдийн засагт ашигтай түвшинд байлгахын тулд даралт, температур, катализатор зэрэг нөхцөлийг тохиромжтойгоор сонгох зайлшгүй шаардлагатай.



Зураг 2.2.2. Аммиакийн үйлдвэрлэлийн бүдүүвч. Аммиакийн үйлдвэрлэлийн нөхцөл: 500°C, 150–200 атм даралт, төмөр катализатор



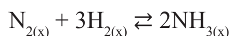
Бага температурт аммиак үүсэх урвалыг катализатор хэрэглэн хурдасгах боломжтой. Катализатор хэрэглэснээр урвалын хурд ихсэж тэнцвэр хурдан тогтдог. Аммиакийг 500°C, 150–200 атм даралттай нөхцөлд төмөр катализатор хэрэглэн үйлдвэрлэдэг. Энэ нөхцөлд урвалын хурд, аммиакийн гарц, шаардлагатай тоног төхөөрөмжийн үнэ хамгийн тохиромжтой байдаг.

Мэдэхэд илүүдэхгүй

Яагаад аммиакийн үйлдвэрлэлийг авч үзэх хэрэгтэй вэ? Аммиак нь үйлдвэрлэлийн хэмжээгээрээ дэлхийд эхний аравт ордог химийн бодис юм. Эрдэнэ шиш, маалинга, бусад ашигтай ургамлын ургацыг сайжруулахад хэрэглэгддэг бордоо үйлдвэрлэх зорилгоор дэлхийн 80 гаруй улс орнуудад жил бүр 130 сая тонн аммиакийг үйлдвэрлэж байна. Түүнчлэн аммиакаас азотын хүчил гарган авч бордоо, хуванцар, будагч бодис, бөс даавуу, гангийн үйлдвэрт хэрэглэдэг.

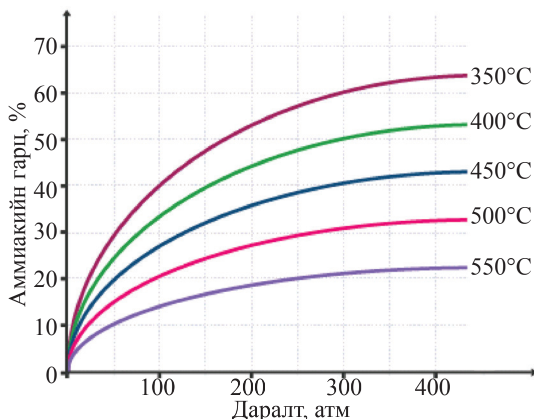
Дасгал

6. Тодорхой даралт, температурт катализаторын нөлөөгөөр аммиак гарган авах урвалыг Габерийн процесс гэж нэрлэдэг. Явагдах урвалын тэгшитгэлийг бичвэл:



$$N_{2(x)} + 3H_{2(x)} \rightleftarrows 2NH_{3(x)}$$

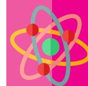
Зурагт янз бүрийн температурт аммиакийн гарц даралтаас хамаарах хамаарлыг илэрхийлжээ. а) 450°C температур, 300 атм даралтад аммиакийн гарц ямар байх вэ? б) Өгсөн температурт аммиакийн гарц даралтаас хэрхэн хамаарч байна вэ? Яагаад? в) Өгсөн даралтад аммиакийн гарц температураас хэрхэн хамаарч байна вэ? Яагаад?



7. Аммиакийн үйлдвэрлэлийг 500°C, 150–200 атм даралттай үед катализатор хэрэглэн явуулдаг. а) Аммиак гарган авах урвал нь экзотермийн урвал учраас температурыг бууруулахад бүтээгдэхүүний гарц ихсэх чиглэлд тэнцвэр шилждэг. Гэвч яагаад аммиакийг нам температурт гарган авдаггүй вэ? б) Үйлдвэрт аммиакийг гарган авахдаа даралтыг 200 атм-аас дээш болгодоггүйн шалтгаан юу вэ?

Дэд бүлгийн дүгнэлт

- Орчны температур, урвалд оролцож буй бодисын концентрац, даралтыг өөрчлөх замаар химийн тэнцвэрийг хүссэн чиглэлдээ шилжүүлж бүтээгдэхүүний гарцыг ихэсгэх боломжтой. Өөрөөр хэлбэл химийн урвалын хурд, бүтээгдэхүүний гарцыг урвал явагдах нөхцөлийг өөрчлөх замаар удирдаж болно.
- Катализатор нь идэвхжлийн энергийг бууруулж урвалыг хурдасгахаас биш бүтээгдэхүүний гарцыг өөрчилж, тэнцвэрийг шилжүүлдэггүй.

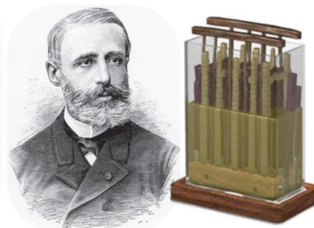


2.3. ЦАХИЛГААН ХИМИ

Түлхүүр үг. Электролит, Электролит биш, Электролитийн хэлхээ, Гальваны хэлхээ, Электролиз.

Бодисын цахилгаан дамжуулах, тусгаарлах шинж чанарыг ашиглан төрөл бүрийн цахилгаан бараа үйлдвэрлэдэг.

Цахилгаан химийн хэлхээг ашиглан материалыг илүү бат бөх, зэврэлд тэсвэртэй болгох зорилгоор цахилгаан хучилт хийдэг.



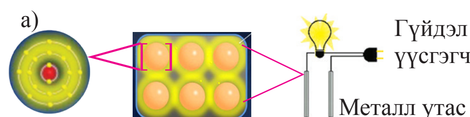
Автомашины хартугалга-хүчлийн батарейг анх 1859 онд Францын физикч Гастон Планте бүтээсэн байна.

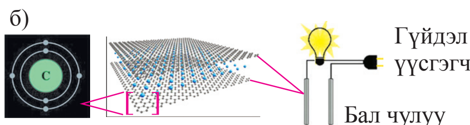
Химийн бодисын цахилгаан дамжуулах чанар

Бодисыг цахилгаан дамжуулах чанараар нь цахилгаан дамжуулагч, тусгаарлагч, хагас дамжуулагч материал гэж ангилдаг. Яагаад бодис цахилгаан дамжуулах чанараараа ялгаатай байдаг вэ?

Хатуу бодисын цахилгаан дамжуулах чанар. Металлууд нь талст оронт торын зангилаан дундуур чөлөөтэй хөдөлж буй “электрон далай”-н нөлөөгөөр цахилгаан дамжуулдаг.

Мөн бал чулууны талст оронт торын үелсэн давхрааны хооронд химийн холбоонд оролцоогүй дөрөв дэх электрон чөлөөтэй шилжин хөдөлж байдаг тул цахилгаан дамжуулдаг.





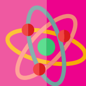
Зураг 2.3.1. Хатуу бодисын цахилгаан дамжуулах чанар: а) Металл, б) Бал чулуу

Металлын талст оронт торын зангилаан дээрх катионы радиус их байх тусам электроны урсгалд саад учруулдаг тул металлууд цахилгаан дамжуулах чанараараа харилцан адилгүй байдаг. Мөн цахилгаан гүйдлийг дамжуулахдаа халдаг. Иймд цахилгаан хэрэгслийг хийхдээ металлын гадуур цахилгаан дамжуулдаггүй давирхай, шил, ваар, хуванцар зэрэг материалаар бүрдэг. Ийм материалыг **цахилгаан тусгаарлагч** гэнэ. Шил, ваарыг ерөнхийд нь керамик материал гэж нэрлэнэ. Эрт дээр үед шаврыг шатааж дулаанд тэсвэртэй материал болгон ашигладаг байсан нь өнөөгийн керамик материалын эхлэл байсан.

а) Зэс утас, хуванцарыг гэр ахуйн цахилгаан хэрэгсэл хийхэд өргөн ашигладаг.

б) Хөнгөнцагаан нягт багатай хөнгөн, керамик материал дулаанд тэсвэртэй тул өндөр хүчдэлийн шугамд өргөн ашигладаг.

Зураг 2.3.2. Цахилгаан дамжуулагч, тусгаарлагчийн зарим хэрэглээ

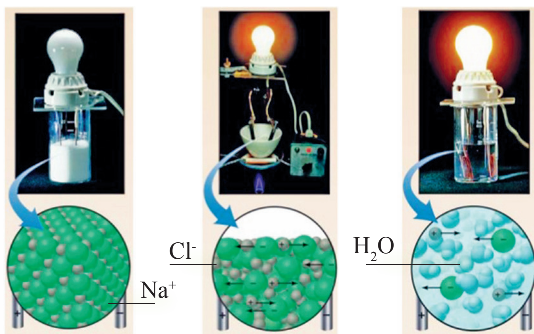


Хүснэгт 2.3.1. Зарим түгээмэл электролит, электролит бишийн жишээ

Электролит	Электролит биш
Давсны усан уусмал	Нэрсэн ус
Хүчлийн усан уусмал	Бензин
Шүлтийн усан уусмал	Шингэн парафин
Давс, суурь, оксидын хайлмал	Сахарын уусмал

Хуванцар, керамикийн молекулуудын валентын бүх электрон химийн холбоо үүсгэхэд оролцсон байдаг учир цахилгаан дамжуулдаггүй байна.

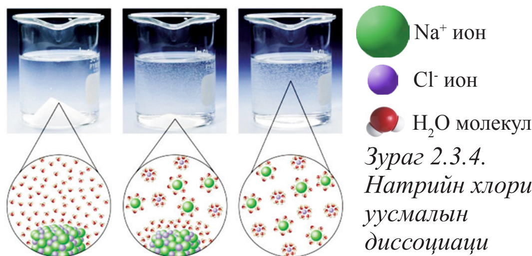
Уусмал, шингэний цахилгаан дамжуулах чанар. Уусмалын болон хайлмал (шингэн) байдалдаа цахилгаан дамжуулдаг бодисыг **электролит,** дамжуулдаггүй бодисыг **электролит биш** гэнэ. Электролит дэх цахилгаан дамжуулах жижиг хэсэг нь ион байдаг. Тухайлбал: хатуу төлөвт буй натрийн хлорид дахь ион (Na^+, Cl^-)-ууд бие биеийн ойролцоо зөвхөн хэлбэлзэх хөдөлгөөн хийж ионууд чөлөөтэй хөдөлж чадахгүй тул цахилгаан дамжуулдаггүй. Харин түүнийг хайлуулах эсвэл, усанд уусгахад энэхүү хүч суларч хайлмал болон уусмал дундуур ионууд чөлөөтэй шилжин хөдлөх боломжтой болох тул цахилгаан дамжуулдаг. Мөн хүчил усанд уусаж, ион үүсгэдэг (Зураг 2.3.3). Тухайлбал: Хүхрийн хүчил усанд уусаж H^+, SO_4^{2-} ион, давсны хүчил H^+, Cl^- үүсгэж цахилгаан дамжуулна.



а) Натрийн хлоридын талст б) Натрийн хлоридын хайлмал в) Натрийн хлоридын уусмал

Зураг 2.3.3. Ионт нэгдлийн цахилгаан дамжуулах чанар

Усны молекулд O-H гэсэн туйлтай ковалент холбооны улмаас эерэг, сөрөг туйл илэрсэн байдаг. Иймд электролитийг усанд уусгахад усны туйлт молекулын нөлөөгөөр ион болон задарч усны молекулуудаар хүрээлэгддэг. Үүнийг **электролитийн диссоциаци** гэнэ (Зураг 2.3.4). Электролит бишүүд усанд уусаж молекул үүсгэх тул цахилгаан дамжуулдаггүй байна.



Зураг 2.3.4. Натрийн хлоридын уусмалын диссоциаци

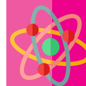
Санамж

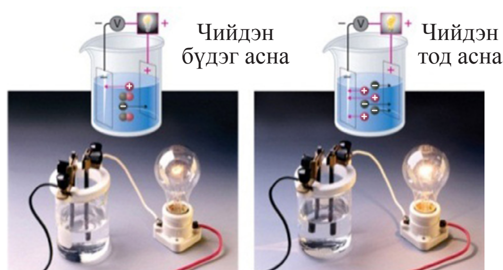
Байгалийн ус нь төрөл бүрийн эрдэс давс уусгасан уусмал юм. Иймд аянга цахилгаантай аадар бороо орж байх үед гол мөрний усанд орвол цахилгаанд цохиулах эрсдэлтэй.

Нэрсэн ус, сахарын уусмал зэрэг электролит бишүүд цахилгаан дамжуулдаггүй учраас цахилгаан хэлхээнд чийдэн асахгүй.

Зураг 2.3.5. Электролит бишийн цахилгаан дамжуулдаггүй чанар

Электролитийг цахилгаан дамжуулж буй байдлаар нь хүчтэй электролит, сул электролит гэж ангилна (Хүснэгт 2.3.2). Хүчтэй электролит нь сул электролиттой харьцуулвал усан уусмалдаа бүрэн диссоциацлагддаг тул цахилгааныг илүү сайн дамжуулна. Электролитийн уусмал дахь ионы концентрац их байх тусам цахилгаан дамжуулах чанар ихэснэ. Иймд хүчтэй электролит нь сул электролиттэй харьцуулахад үүсгэсэн ионы тоо хэмжээ ихтэй байна (Зураг 2.3.6).





а) Сул электролит б) Хүчтэй электролит

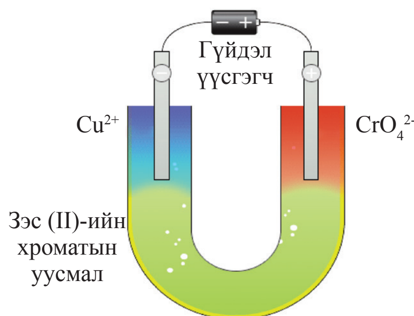
Зураг 2.3.6. Хүчтэй болон сул электролитийн цахилгаан дамжуулах чанар

Хүснэгт 2.3.2. Хүчтэй, сул электролитийн жишээ

Хүчтэй электролит	Сул электролит
Ихэнх давс Ихэнх эрдсийн хүчил (HNO_3, H_2SO_4, HCl гэх мэт.) Үелэх хүснэгтийн I, II бүлгийн металлын үүсгэсэн суурь (шүлт)	Ихэнх органик хүчил Зарим эрдсийн хүчил (HNO_2, H_2CO_3, H_2S, HClO гэх мэт.) Ихэнх металлын үүсгэсэн суурь (I, II бүлгээс бусад металл), аммиакийн уусмал

Туршилт

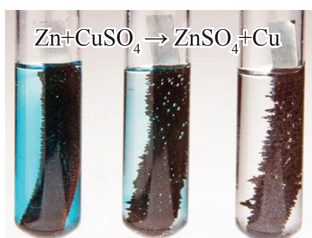
Электролит дахь ионы хөдөлгөөнийг туршилтаар илрүүлж болно. Тухайлбал: U хэлбэрийн хоолойд буй зэс (II)-ийн хроматын уусмал нь ногоон өнгөтэй байна. Харин уусмал дундуур цахилгаан гүйдэл нэвтрүүлэхэд уусмалын өнгө гүйдэл үүсгэгчийн сөрөг туйл орчимд цэнхэр, эерэг туйл орчимд шар өнгөтэй болж өөрчлөгдөнө (Зураг 2.3.7). Цэнхэр өнгө нь Cu^{2+} ионы, шар өнгө нь CrO_4^{2-} ионы өнгө юм. Энэ нь зэс (II)-ийн хроматын уусмал дахь Cu^{2+} ион гүйдэл үүсгэгчийн сөрөг туйл уруу, CrO_4^{2-} ион эерэг туйл уруу татагдаж, харилцан эсрэг урсгал бүхий ионы хөдөлгөөн үүссэнийг илтгэнэ.



Зураг 2.3.7. Өнгөтэй ион агуулсан уусмал дахь ионы шилжилтийг харуулсан туршилт

Цахилгаан химийн хэлхээ

Химийн энергийг цахилгаан энергид хувиргадаг, мөн цахилгаан гүйдлийн нөлөөгөөр химийн урвал явагддаг хэлхээг **цахилгаан химийн хэлхээ** гэнэ. Цахилгаан химийн хэлхээг электролитийн болон гальваны хэлхээ гэж ангилна.

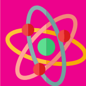


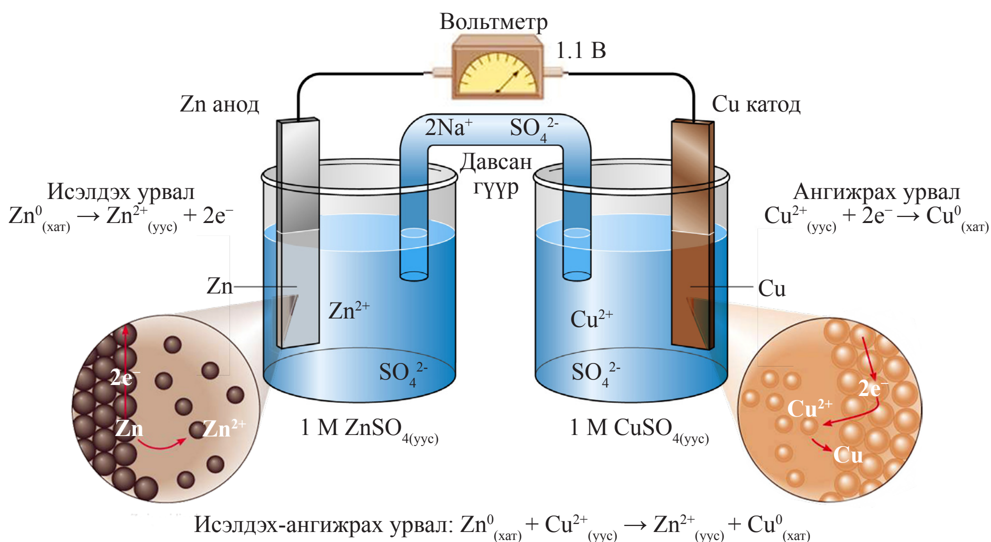
Зураг 2.3.8. Химийн исэлдэх-ангижрах урвал

Гальваны хэлхээ. Химийн энергийг цахилгааны энергид хувиргаж буй хэлхээг **гальваны хэлхээ** гэнэ. Гальваны хэлхээнд исэлдэх-ангижрах урвал явагдаж, цахилгааны энерги үүснэ.

Идэвхтэй металл идэвх муутай металлыг нэгдлээс нь халдаг билээ. Тухайлбал: цайр зэсээс илүү идэвхтэй. Иймд зэс (II)-ийн сульфатаас зэсийг металл цайр халж, исэлдэх-ангижрах урвал явагддаг (Зураг 2.3.8). Энэ урвалыг ашиглан гальваны хэлхээ угсарч цахилгаан гүйдэл гарган авч болдог.

Гальваны хэлхээг угсрахын тулд цайр ялтсыг цайр (II)-ын сульфатын уусмалд, зэс ялтсыг зэс (II)-ийн сульфатын уусмалд тус тус дүрнэ. Цайр болон зэс ялтас нь электродын үүрэг гүйцэтгэх ба хооронд нь цахилгаан дамжуулагч утсаар холбоно. Цайр (II)-ын сульфат, зэс (II)-ийн сульфатын уусмал нь электролитийн үүрэг гүйцэтгэнэ. Уусмал тус бүрийг ион дамжуулах үүрэг бүхий давсан гүүрээр холбосноор хэлхээ битүүрч исэлдэх-ангижрах урвал аяндаа явагдаж, цахилгаан гүйдэл үүснэ (Зураг 2.3.9). Химийн идэвхээрээ ялгаатай металлуудыг өөрийнх нь ион агуулсан уусмалд дүрж дамжуулагч утас, давсан гүүрээр холбосноор цэнэгийн шилжилт аяндаа явагдаж, цахилгаан хүчдэл үүсдэг байна.





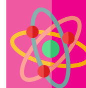
Зураг 2.3.9. Гальваны хэлхээнд явагдах исэлдэх-ангижрах урвал

Хүснэгт 2.3.3-д химийн исэлдэх-ангижрах урвал болон гальваны хэлхээн дэх исэлдэх-ангижрах урвалын ялгааг харууллаа.

Хүснэгт 2.3.3. Химийн болон гальваны хэлхээн дэх исэлдэх-ангижрах урвалын ялгаа

Шалгуур	**Химийн исэлдэх-ангижрах урвал**	**Гальваны хэлхээн дэх исэлдэх-ангижрах урвал**
Электроны шилжилт	Zn ялтас уусмалтай шүргэлцэж буй гадаргуу дээр цайраас электрон зэсийн ионд шилжинэ.	Zn ялтсаас чөлөөлөгдсөн электрон гадаад хэлхээгээр дамжин зэсийн ионд шилжинэ.
Анодын исэлдэх урвал	$Zn^{0}_{(хат)} \rightarrow Zn^{2+}_{(уус)} + 2e^{-}$	
Катодын ангижрах урвал	$Cu^{2+}_{(уус)} + 2e^{-} \rightarrow Cu^{0}_{(хат)}$	
Исэлдэх-ангижрах урвалын ерөнхий тэгшитгэл	$Zn^{0}_{(хат)} + Cu^{2+}_{(уус)} \rightarrow Zn^{2+}_{(уус)} + Cu^{0}_{(хат)}$	
	Исэлдэх-ангижрах урвалаар авсан, алдсан электроны тоо тэнцүү 2 байгаа тул Zn^{0} ба Cu^{2+} нь 1:1 стехиометрийн харьцаатай урвалд орно.	
Ионы шилжилт, хөдөлгөөн	Уусмалд бүх ионууд жигд тархаж орших ба хоорондоо мөргөлдөнө.	$CuSO_4$-ын уусмал дахь SO_4^{2-} ион давсан гүүрээр дамжин $ZnSO_4$-ын уусмалд шилжинэ.
Урвалын хурд	Хурдан явагдана.	Харьцангуй удаан явагдана.

Гальваны хэлхээн дэх химийн идэвхээрээ ялгаатай металлуудыг **электрод** гэнэ. Химийн идэвхтэй металл исэлдэж, электроноо алдах тул сөргөөр цэнэглэгдэнэ. Энэ электродыг **анод** гэнэ. Харин анодоос дамжуулагч утсаар идэвх багатай металлд ирж буй электроныг уусмал дахь идэвх багатай металлын ион авч ангижирна. Иймд идэвх багатай металл эерэгээр цэнэглэгдэх ба энэ электродыг **катод** гэнэ. Дээрх урвалын хувьд цайр ялтас анод, зэс ялтас катод болно. Исэлдэх урвал явж буй анодын хэсэгт катионы концентрац ихсэж, ангижрах урвал явагдаж буй катодын хэсэгт анионы концентрац ихэснэ. Иймд давсан гүүрээр анион нь исэлдэх хагас урвал явагдаж буй электролитийн уусмал руу шилжиж ионуудын эерэг, сөрөг цэнэгийг тэнцүүлдэг. Тахир шил хоолойд хийсэн урсамтгай

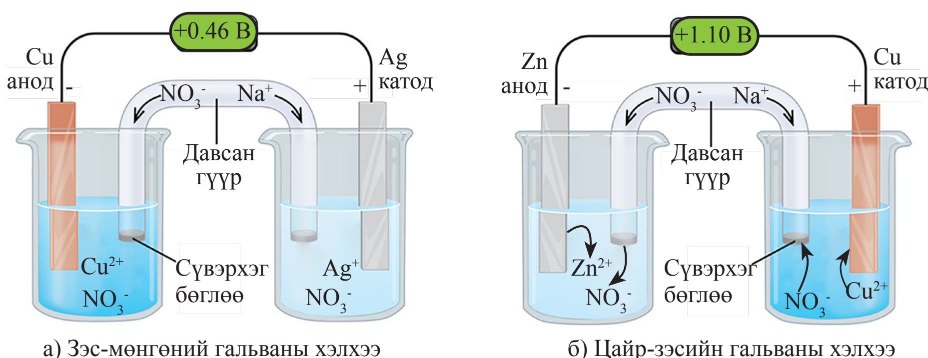


биш боловч ион шилжин хөдлөх боломжтой натрийн хлоридын ханасан уусмал бүхий желатины уусмалыг **давсан гүүр** гэнэ. Дээрх урвалын хувьд SO_4^{2-} ион давсан гүүрээр катодын хэсгээс анодын хэсэг үрүү шилжиж байна. Исэлдэх-ангижрах урвалын үед анод эх бодис болж масс нь хорогдож байна. Иймд энэ электродыг идэвхтэй буюу уусдаг электрод гэж нэрлэдэг.

Гальваны хэлхээнд анод, катодоор ямар металлыг сонгон авснаас хамаарч хэлхээнд үүсэх хүчдэлийн хэмжээ харилцан адилгүй байна. Металлын идэвхийн эгнээнд бие биеэсээ илүү хол байрлалтай металлуудыг сонгон авч гальваны хэлхээг угсарвал үүсэх хүчдэлийн хэмжээ ихэснэ (Зураг 2.3.10).

Li, K, Na, Ba, Ca, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Ag, Hg, Au

Металлын идэвх буурна



а) Зэс-мөнгөний гальваны хэлхээ

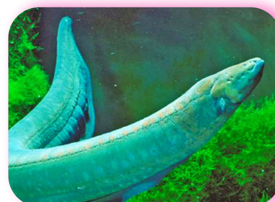
б) Цайр-зэсийн гальваны хэлхээ

Зураг 2.3.10. Гальваны хэлхээнд үүсэх хүчдэлийн ялгаа

Цахилгаан гүйдэл үүсгэдэг гальваны хэлхээг машин, сонсголын аппарат, цаг, утас зэрэг цахилгаан хэрэгслийн батарей хийхэд хэрэглэдэг.

Мэдэхэд илүүдэхгүй

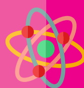
Биологийн батарей. Байгаль дээр "Цахилгаан загас" гэж нэрлэгддэг биологийн батарей байдаг. Эдгээр загасны "Цахилгаан үүсгэдэг эрхтэн" нь урт давхарласан бүтэцтэй "Электроцит" гэж нэрлэгдэх булчингийн эс юм. Тархинаас ирэх мэдрэлийн дохиогоор бүх электроцит нь нэгэн зэрэг туйлширч, цуваа холбогдсон эсээс бүрдсэн батарейг үүсгэдэг байна. Энэхүү өвөрмөц загас нь биеэсээ гаргах цахилгааны тусламжтай өөрийгөө бусад махчин загаснаас хамгаалдаг. Дээд тал нь 600 В хүчдэл үүсгэдэг ба хэрвээ хүн биед нь хүрвэл амь насаа алдах аюултай юм.



Дадлага ажил

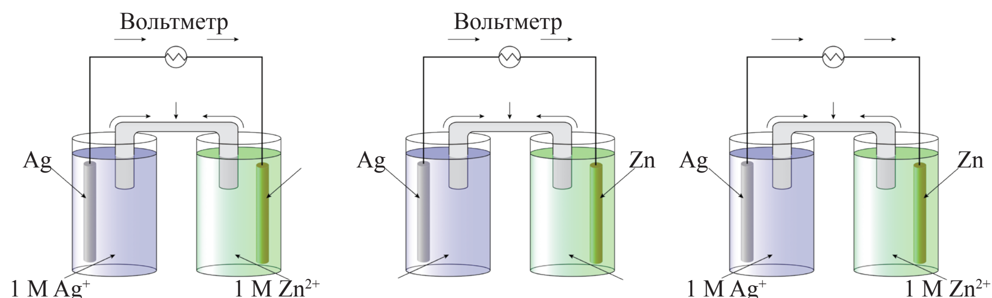
Гарын доорх материал ашиглан гальваны хэлхээ угсрах

1. Ялгаатай металлаар хийсэн зоос, натрийн хлоридын усан уусмал, амны цаас ашиглан хэд хэдэн гальваны хэлхээ угсраарай. Гальваны хэлхээнүүдийг хооронд нь зэрэгцээ болон угсраа холбож, үүсэж буй хүчдэлийг ашиглан ажиллуулж болох хэрэглэгчийг тогтоогоорой.
2. Шинэ шүүслэг төмс, алим, нимбэг, жүрж зэргийг ашиглан гальваны хэлхээ угсарч, 0.5 В хүчдэл бүхий гэрлэн диодыг асааж туршаарай.



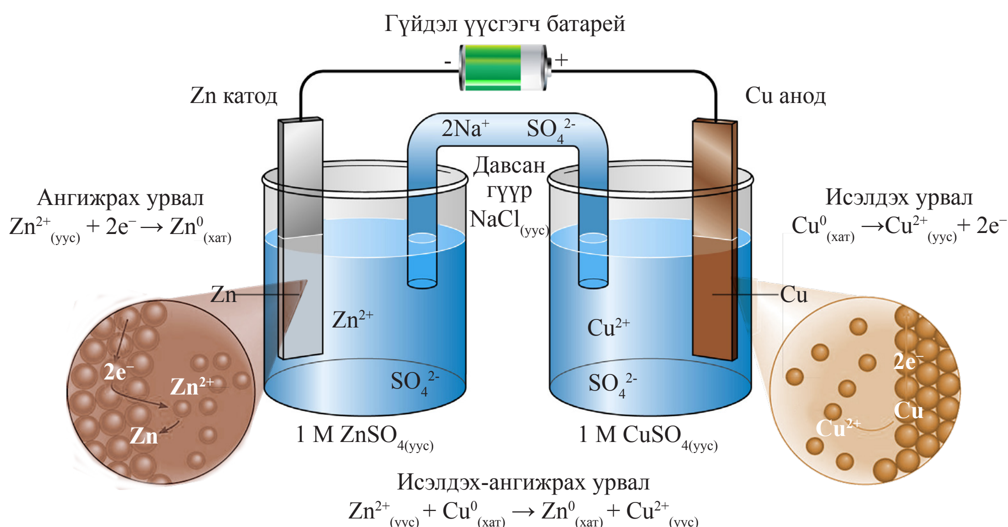
Дасгал

1. Металлын идэвхийн эгнээг ашиглан ямар металлаар гальваны хэлхээ угсарвал хамгийн их хүчдэл үүсгэхийг тодорхойлно уу.
2. Хром-мөнгөний, төмөр-хромын, төмөр-никелийн гальваны хэлхээг үүсэх хүчдэлийн ихсэх дараалаар байрлуулж, тайлбар өгнө үү.
3. Гальваны хэлхээг гүйцээж зураад хэсэг тус бүрийг гүйцээж нэрлэнэ үү.

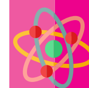


Электролитийн хэлхээ. Цахилгаан гүйдлийн нөлөөгөөр химийн урвал явагдаж буй хэлхээг **электролитийн хэлхээ** гэнэ.

Идэвхгүй металл нь идэвхтэй металлыг нэгдлээс нь халдаггүй. Иймд электролитийн хэлхээнд цахилгаан гүйдлийн нөлөөгөөр энэ төрлийн исэлдэх-ангижрах урвалыг явуулдаг. Тухайлбал: зэс (II)-ийн сульфатаас зэсийг металл цайраар халах урвалыг эсрэгээр нь явуулъя (Зураг 2.3.10). Үүнд цайр ялтсыг цайр (II)-ын сульфатын уусмалд, зэс ялтсыг зэс (II)-ийн сульфатын уусмалд тус тус дүрнэ. Цайр ба зэс ялтас нь электродын үүрэг гүйцэтгэнэ. Цайр (II)-ын сульфат, зэс (II)-ийн сульфатын уусмал нь электролитийн үүрэг гүйцэтгэнэ. Электродуудыг тогтмол цахилгаан гүйдэл үүсгэгчтэй цахилгаан дамжуулагч утсаар холбоно. Уусмалуудыг ион дамжуулах үүрэг бүхий давсан гүүрээр холбосноор хэлхээ битүүрч исэлдэх-ангижрах урвал явагдана. Энэ тохиолдолд гальваны хэлхээн дэх урвалын эсрэг урвал явагдана (Зураг 2.3.11).



Зураг 2.3.11. Электролитийн хэлхээнд явагдах исэлдэх-ангижрах урвал



Гальваны болон электролитийн хэлхээн дэх исэлдэх-ангижрах урвалын ялгааг энэ урвалын жишээн дээр харуууллаа (Хүснэгт 2.3.4).

Хүснэгт 2.3.4. Гальваны болон электролитийн хэлхээн дэх исэлдэх-ангижрах урвалын ялгаа

Хэлхээ		Гальваны хэлхээ	Электролитийн хэлхээ
Аяндаа явах чанар		Аяндаа явагдана.	Цахилгааны нөлөөгөөр явагдана.
Исэлдэх-ангижрах урвалын ерөнхий тэгшитгэл		$Cu^{2+}_{(уус)} + Zn^0_{(хат)} \rightarrow Zn^{2+}_{(уус)} + Cu^0_{(хат)}$	$Zn^{2+}_{(уус)} + Cu^0_{(хат)} \rightarrow Cu^{2+}_{(уус)} + Zn^0_{(хат)}$
		Исэлдэх-ангижрах урвалаар авсан, алдсан электроны тоо тэнцүү 2 байгаа тул Zn^0 ба Cu^{2+}, Zn^{2+} ба Cu^0 нь тус тус 1:1 стехиометрийн харьцаатай урвалд орно.	
Анод	Исэлдэх урвал	$Zn_{(хат)} \rightarrow Zn^{2+}_{(уус)} + 2e^-$	$Cu_{(хат)} \rightarrow Cu^{2+}_{(уус)} + 2e^-$
	Туйл	Сөрөг (-)	Эерэг (+)
Катод	Ангижрах урвал	$Cu^{2+}_{(уус)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(хат)}$	$Zn^{2+}_{(уус)} + 2e^- \rightarrow Zn_{(хат)}$
	Туйл	Эерэг (+)	Сөрөг (-)

Электролитийн хэлхээнд гүйдэл үүсгэгчийн эерэг туйлтай холбогдсон электродыг **анод** гэнэ. Гүйдэл үүсгэгчийн сөрөг туйлтай холбогдсон электродыг **катод** гэнэ. Катодын эргэн тойронд катионууд цугларч ангижрах урвалд орно. Анодын эргэн тойронд анионууд цугларч исэлдэх урвалд орно.

Санамж

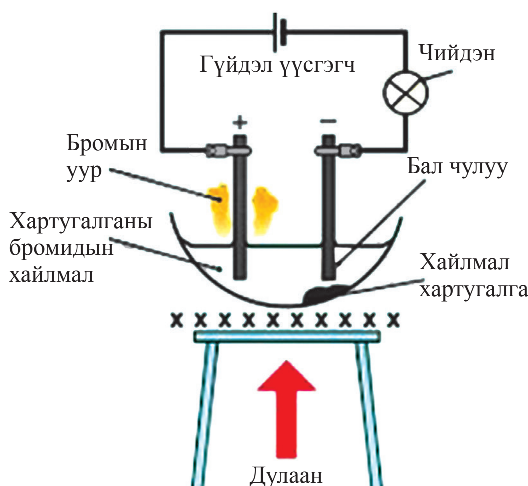
Исэлдэх хагас урвал явагдаж буй электродыг **анод** гэнэ. Ангижрах хагас урвал явагдаж электродыг **катод** гэнэ. Цахилгаан химийн хэлхээний төрөл (гальваны хэлхээ, электролитийн хэлхээ)-өөс үл хамааран катод дээр ангижрах, анод дээр исэлдэх урвал явагддаг.

Электролитийн хэлхээнд химийн бодисыг задалж элемент, химийн нэгдлийг гарган авах урвалыг **электролиз** гэнэ.

Электролиз. Электролизийг электролитийн хайлмал болон уусмалыг ашиглан явуулна. Электродыг идэвхтэй металлаар авбал урвалын холимог дахь бодистой урвалд орж болзошгүй юм. Иймд химийн идэвх муу, цахилгаан дамжуулдаг бал чулуу эсвэл, идэвхгүй металл болох платин ба иридигээр хийсэн хайлшийг электрод болгон авдаг. Хайлш дахь платин ба иридийн массын хувь 70% ба 30% эсвэл, 90% ба 10% байна. Эдгээр электродыг идэвхгүй буюу үл уусдаг электрод гэдэг.

Хайлмалын электролизоор электродууд дээр хайлмал дахь ионууд исэлдэх, ангижрах урвалд орно. Хартугалга (II)-ны бромидын хайлмалын электролизийн туршилтыг авч үзье (Зураг 2.3.12).

Хартугалга (II)-ны бромид ($PbBr_2$)-ыг хайлуулахад хартугалга (Pb^{2+}) болон бромид (Br^-) ионууд үүснэ. Хайлмалд бал чулуун электрод дүрж гүйдэл



Зураг 2.3.12. Хартугалганы бромидын хайлмалын электролизийн туршилтын багаж

үүсгэгчтэй холбоход хэсэг хугацааны дараа катод дээр Pb^{2+} ион ангижирч гялтганасан саарал өнгөтэй металл хартугалга үүснэ. Харин анод дээр Br^{-} ион исэлдэж, бор өнгийн бромын уурыг үүсгэнэ.

Катодын ангижрах урвал: $Pb^{2+}_{(ш)} + 2e^{-} \rightarrow Pb^{0}_{(хат)}$

Анодын исэлдэх урвал: $2Br^{-}_{(ш)} \rightarrow Br_{2(х)} + 2e^{-}$

Хайлмалын электролизийн урвал:

$$Pb^{2+}_{(ш)} + 2Br^{-}_{(ш)} \rightarrow Pb^{0}_{(хат)} + Br_{2(х)} \text{ буюу}$$

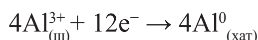
$$PbBr_{2(ш)} \rightarrow Pb^{0}_{(хат)} + Br_{2(х)}$$

Хайлмалын электролизийг байгаль дээр дангаар оршдоггүй, химийн идэвх сайтай металлыг байгальд орших нэгдлээс нь гаргаж авахад өргөн хэрэглэдэг. Тухайлбал: металл хөнгөнцагаан нь химийн идэвхтэй тул байгальд дангаар оршдоггүй, агаарын хүчилтөрөгчтэй шүргэлцсэн хэсгээрээ урвалд орж, хөнгөнцагааны оксидын бүрхүүл үүсгэдэг. Ингэснээр химийн идэвхгүй болдог. Иймд үндсэн найрлага нь хөнгөнцагааны оксид (Al_2O_3) болох бокситын хүдэр хэлбэрээр байгальд тохиолддог. Химийн үйлдвэрт бокситыг криолит (Na_3AlF_6)-той хамт хайлуулж, хайлмалын электролизоор металл хөнгөнцагааныг гарган авдаг (Зураг 2.3.13). Криолит нэмсэнээр хүдрийн хайлах цэг буурч, цахилгааны зарцуулалт багасдаг байна. Хөнгөнцагааны оксидын хайлмалд Al^{3+}, O^{2-} ион байна.

Катод дээр Al^{3+} ион ангижирна: $Al^{3+}_{(ш)} + 3e^{-} \rightarrow Al^{0}_{(хат)}$

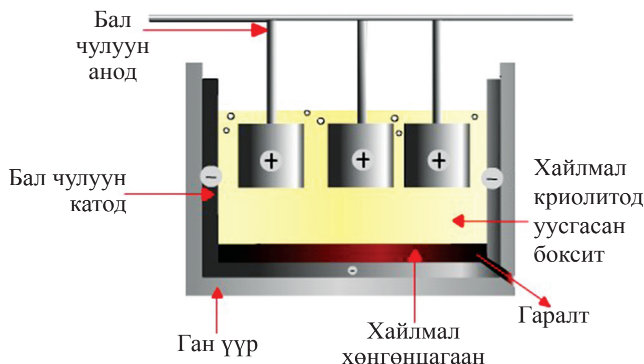
Анод дээр O^{2-} ион исэлдэнэ: $2O^{2-}_{(ш)} \rightarrow O_{2(х)} + 4e^{-}$

$2O^{2-}$ ионы исэлдэх урвалаар 4 электрон чөлөөлөгдөж, Al^{3+} ионы ангижрах урвалд 3 электрон зарцуулагдаж байна. Исэлдэх-ангижрах урвалаар авсан, алдсан электроны тоо тэнцүү байх ёстой тул Al^{3+} ба O^{2-} нь тус тус 4:6 стехиометрийн харьцаатай урвалд орно.



$$4Al^{3+}_{(ш)} + 12e^{-} \rightarrow 4Al^{0}_{(хат)}$$

$$6O^{2-}_{(ш)} \rightarrow 3O_{2(х)} + 12e^{-}$$



Зураг 2.3.13. Хөнгөнцагааны оксидын хайлмалын электролизийн туршилтын бүдүүвч

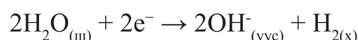
Хайлмалын электролиз:

$$4Al^{3+}_{(ш)} + 6O^{2-}_{(ш)} \rightarrow 4Al^{0}_{(хат)} + 3O_{2(х)} \text{ буюу}$$

$$2Al_2O_{3(ш)} \rightarrow 4Al^{0}_{(хат)} + 3O_{2(х)}$$

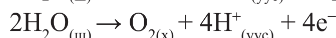
Усан уусмалын электролизийн үед уусгагч (ус)-ийн нөлөөг тооцох шаардлагатай болно. Ус нь электролит биш боловч O-H гэсэн туйлтай ковалент холбооны улмаас молекулд нь эерэг, сөрөг туйл илэрсэн байдаг. Иймд электролиз явуулахад электрод руу эсрэг цэнэгийн хэсгээрээ татагдан исэлдэх болон ангижрах хагас урвалд орох боломжтой юм.

Катод дээр ус ангижрах урвал:



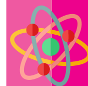
$$2H_2O_{(ш)} + 2e^{-} \rightarrow 2OH^{-}_{(уус)} + H_{2(х)}$$

Анод дээр ус исэлдэх урвал:



$$2H_2O_{(ш)} \rightarrow O_{2(х)} + 4H^{+}_{(уус)} + 4e^{-}$$

Уусмалын электролизоор ангижрах урвалд оролцох катионыг металлын идэвхийн эгнээг ашиглаж тодорхойлно. Идэвхийн эгнээнд устөрөгчөөс хойно байрласан металлын катионууд уснаас түрүүлж ангижирна. Устөрөгчөөс өмнө байрласан металлын катионоос түрүүлж ус ангижирна.



Металлын идэвхийн эгнээ

Li^+, K^+, Na^+, Ba^{2+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+}, Zn^{2+}, Cr^{3+}, Fe^{2+}, Cd^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Sn^{2+}, Pb^{2+}, H^+, Cu^{2+}, Ag^+, Hg^{2+}, Au^{3+}

Катионы ангижрах чанар ихэснэ.

Исэлдэх урвалд оролцох анионыг металл бишийн идэвхийн эгнээгээр тодорхойлно. Идэвхийн эгнээнд OH^- ионоос хойно байрлах галид, сульфид зэрэг хүчилтөрөгч агуулаагүй анионууд уснаас түрүүлж исэлдэнэ. Харин хүчилтөрөгч агуулсан анионуудаас түрүүлж ус исэлдэнэ.

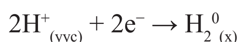
Металл бишийн идэвхийн эгнээ

F^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, OH^-, Cl^-, Br^-, I^-, S^{2-}

Анионы исэлдэх чанар ихэснэ.

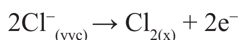
Концентрацтай давсны хүчлийн уусмалын электролизийн туршилтын үр дүнг авч үзье (Зураг 2.3.14). Давсны хүчлийн уусмалд H^+, Cl^- ион, ус байна. Уусмалд бал чулуун электрод дүрж, гүйдэл үүсгэгчтэй холбоход хэсэг хугацааны дараа катод дээр шатамхай, өнгөгүй хий үүснэ. Харин анод дээр шар ногоон өнгийн, хурц үнэртэй хий үүснэ. Энэ нь катод дээр устөрөгчийн ион ангижирч устөрөгч, анод дээр Cl^- ион исэлдэж, хлор ялгарч буйг илтгэнэ.

Катодын ангижрах урвал:



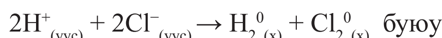
$$2H^+_{(уус)} + 2e^- \rightarrow H^0_{2\,(х)}$$

Анодын исэлдэх урвал:

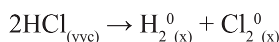


$$2Cl^-_{(уус)} \rightarrow Cl_{2(х)} + 2e^-$$

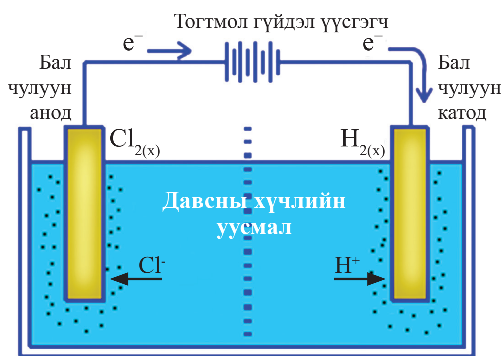
Уусмал дахь электролизийн тэгшитгэл:



$$2H^+_{(уус)} + 2Cl^-_{(уус)} \rightarrow H^0_{2\,(х)} + Cl^0_{2\,(х)} \text{ буюу}$$



$$2HCl_{(уус)} \rightarrow H^0_{2\,(х)} + Cl^0_{2\,(х)}$$

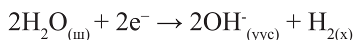


Зураг 2.3.14. Давсны хүчлийн электролизийн туршилтын бүдүүвч

Уусмалын электролизийг элемент болон түүний нэгдлийг гарган авахад өргөн ашигладаг. Тухайлбал: хлор байгаль дээр дангаар оршихгүй харин далай, тэнгист уусcан натрийн хлорид хэлбэрээр өргөн тохиолдоно. Иймд үйлдвэрт далай, тэнгисийн ус ($NaCl_{(уус)}$)-ны электролизоор хлорыг гарган авдаг (Зураг 2.3.15).

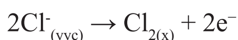
Натрийн хлоридын концентрацтай уусмалд Na^+, Cl^-, ион, ус зэрэг жижиг хэсгүүд байна.

Металлын идэвхийн эгнээнд натри нь устөрөгчөөс өмнө байрлах тул катод дээр ус ангижирна.

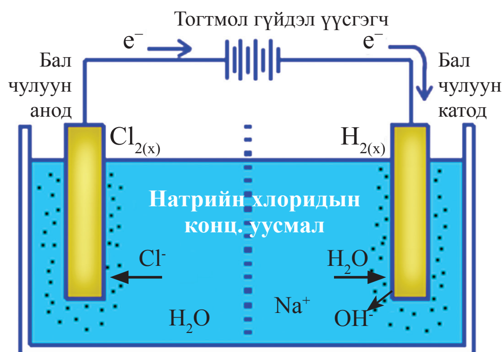


$$2H_2O_{(ш)} + 2e^- \rightarrow 2OH^-_{(уус)} + H_{2(х)}$$

Металл бишийн идэвхийн эгнээнд Cl^- нь OH^- ионы хойно байрлах тул анод дээр Cl^- ион исэлдэнэ.

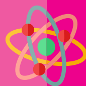


$$2Cl^-_{(уус)} \rightarrow Cl_{2(х)} + 2e^-$$

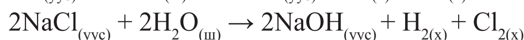


Зураг 2.3.15. Натрийн хлоридын концентрацтай уусмалын электролизийн бүдүүвч

Исэлдэх болон ангижрах урвалд тус бүр 2 электрон зарцуулагдаж байна. Иймд Cl^- ба H_2O нь 1:1 стехиометрийн харьцаатай урвалд орно.



$$2Cl^-_{(уус)} + 2H_2O_{(ш)} \rightarrow 2OH^-_{(уус)} + H_{2(х)} + Cl_{2(х)} \text{ буюу}$$



$$2NaCl_{(уус)} + 2H_2O_{(ш)} \rightarrow 2NaOH_{(уус)} + H_{2(х)} + Cl_{2(х)}$$

Лабораторид электролизийг явуулбал анод дээр хлор ялгарч буйг өнгө, үнэрээр нь, катод дээр устөрөгч ялгарч буйг асаж буй зомгол ашиглан танина. Мөн электролизийн дараах уусмалын орчныг шалгаж, урвалаар натрийн гидроксид үүссэн болохыг танина.

Хлор нь цайруулагч, халдваргүйжүүлэх бодис, уусгагч, эмийн бэлдмэл, маргарин, будагч бодис болон поливинилхлорид (PVC)-ын хуванцар гарган авахад өргөн хэрэглэгддэг. Натрийн гидроксидыг үйлдвэр, ахуйн зориулалтай химийн бодис гарган авахад хэрэглэдэг.

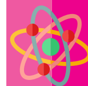
Натрийн хлоридын хайлмалын болон уусмалын электролизийн ялгааг хүснэгтээр нэгтгэн харууллаа (Хүснэгт 2.3.5).

Хүснэгт 2.3.5. Хайлмалын болон усан уусмалын электролизийн ялгаа

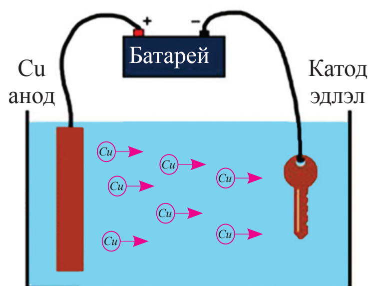
	Хайлмалын электролиз	**Усан уусмалын электролиз**
Ион	Na^+, Cl^-	Na^+, Cl^-, H_2O
Катод дээрх ангижрах урвал	Катод дээр нэмэх цэнэгтэй ион ангижрах ба хэд хэдэн ион байвал металлын идэвхийн эгнээнд эзлэх байраараа аль идэвх багатай ион нь ангижирна.	Катод дээр нэмэх цэнэгтэй ион ангижрах ба хэд хэдэн ион байвал металлын идэвхийн эгнээнд эзлэх байраараа аль идэвх багатай ион нь ангижирна.
	Натрийн ион нь металл натри болтлоо ангижирдаг. $2Na^+_{(ш)} + 2e^- \rightarrow 2Na_{(ш)}$	Металлын идэвхийн эгнээнд устөрөгч нь натрийн дараа байрладаг тул H_2O ангижирна. $2H_2O_{(ш)} + 2e^- \rightarrow 2OH^-_{(уус)} + H_{2(х)}$
Анод дээрх исэлдэх урвал	Анод дээр сөрөг цэнэгтэй ион исэлдэх ба электролитийн анион хүчилтөрөгч агуулсан байвал OH^- ион исэлдэж, хүчилтөрөгч үүсгэнэ. Харин электролитийн анион хүчилтөрөгч агуулаагүй бол тэр ион өөрөө исэлдэнэ.	Анод дээр сөрөг цэнэгтэй ион исэлдэх ба электролитийн анион хүчилтөрөгч агуулсан байвал OH^- ион исэлдэж, хүчилтөрөгч үүсгэнэ. Харин электролитийн анион хүчилтөрөгч агуулаагүй бол тэр ион өөрөө исэлдэнэ.
	Хлорид ион исэлдэж хлор хийг үүсгэдэг. $2Cl^-_{(ш)} \rightarrow Cl_{2(х)} + 2e^-$	Хлорид ион OH^- ионоос илүү амархан электроноо алдаж исэлддэг. $2Cl^-_{(уус)} \rightarrow Cl_{2(х)} + 2e^-$
Исэлдэх-ангижрах урвал	$2Na^+_{(ш)} + 2Cl^-_{(ш)} \rightarrow 2Na_{(ш)} + Cl_{2(х)}$ буюу $2NaCl_{(ш)} \rightarrow 2Na_{(ш)} + Cl_{2(х)}$	$2H_2O_{(ш)} + 2Cl^-_{(ш)} \rightarrow 2OH^-_{(уус)} + H_{2(х)} + Cl_{2(х)}$ буюу $2NaCl_{(уус)} + 2H_2O_{(ш)} \rightarrow 2NaOH_{(уус)} + H_{2(х)} + Cl_{2(х)}$

Дасгал

4. Натрийн гидроксид (NaOH)-ын усан уусмалын электролиз явуулжээ.
   а) Ямар ион исэлдэж, ангижрах вэ?
   б) Электродууд дээр үүссэн бүтээгдэхүүнийг ямар аргаар таних вэ?
   в) Электролизоор 4 г ус задарсан бол электрод бүр дээр хэдэн моль бүтээгдэхүүн бодис үүссэн болохыг тооцоолно уу.
5. Стандарт даралт, температурт 4.96 $дм^3$ эзлэхүүнтэй устөрөгчийн хлоридыг усанд уусгаж, электролиз явуулжээ. Урвалын гарцыг 100% гэж үзнэ.
   а) Анод дээр хэдэн моль хлор ялгарах вэ?
   б) Катод дээр үүсэх хийн эзлэхүүнийг тооцоолно уу.
6. Металл натрийг гаргаж авахын тулд хайлмалын, уусмалын электролизийн алиныг нь ашиглах вэ? Яагаад?
7. Металл хөнгөнцагааныг гарган авахын тулд яагаад хөнгөнцагааны оксидын хайлмалын электролизийг явуулдаг вэ? Хөнгөнцагааны бусад нэгдлийн уусмалын электролизийг ашиглах боломжтой юу?



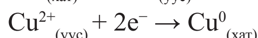
Цахилгаан хучилт. Электролизийг ашиглан төрөл бүрийн тавилганы болон автомашины хаалганы бариул, гоёлын зүүлт чимэг, хоолны хэрэгсэл зэргийг гоёмсог харагдуулах, корроз болон элэгдэлтээс хамгаалах зорилгоор никель, мөнгө, зэс, алтаар бүрдэг бол эрэг шураг, машины үндсэн эд ангийг цайр, хромоор бүрдэг. Үүнийг **цахилгаан хучилтын арга** гэнэ. Цахилгаан хучилт хийхийн тулд бүрэх металлын электролитийн уусмалд тухайн металлаар хийсэн анодыг ашиглана. Бүрэгдэж буй металлыг катод болгон авна. Тухайлбал: төмөр эдлэлийг зэсээр бүрж буй электролитийн хэлхээг авч үзье (Зураг 2.3.16).



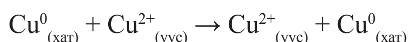
Зураг 2.3.16. Зэсийн цахилгаан хучилтын бүдүүвч

Зэс (II)-ийн сульфатын уусмалд дүрсэн зэс ялтсыг анод, төмөр эдлэлийг катод болгон авч цахилгаан нэвтрүүлэхэд хэсэг хугацааны дараа төмөр эдлэл зэсээр хучигдана. Энэ нь анод болгон авсан зэс исэлдэж, уусмал уруу шилжсэнээр уусмал дахь Cu^{2+} ион катод дээр ангижирч эдлэлийн гадаргуу дээр металл зэс үүсгэсэнтэй холбоотой юм.

Анодын исэлдэх урвал: $Cu^0_{(хат)} \rightarrow Cu^{2+}_{(уус)} + 2e^-$

Катодын ангижрах урвал:  $Cu^{2+}_{(уус)} + 2e^- \rightarrow Cu^0_{(хат)}$

Исэлдэх-ангижрах урвалаар авсан, алдсан электроны тоо тэнцүү байгаа тул Cu^0 ба Cu^{2+} нь 1:1 стехиометрийн харьцаатай урвалд орно.



$$Cu^0_{(хат)} + Cu^{2+}_{(уус)} \rightarrow Cu^{2+}_{(уус)} + Cu^0_{(хат)}$$

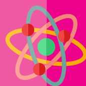
Цахилгаан хучилтын үед анодын масс нь хорогдоно. Иймд дээрх процессыг мөн идэвхтэй буюу уусдаг электрод бүхий **электролиз** гэж нэрлэдэг.

Дадлага ажил

3. Гарын доорх материал ашиглан зэс (II)-ийн сульфатын усан уусмалын электролизийг явуулна уу. Электродууд дээр ямар бодис үүсэж байна вэ? Хэрхэн таних вэ? Электролизоор ямар ионууд исэлдэж, ангижирсан болохыг тодорхойлж, урвалын тэгшитгэлийг бичээрэй.
4. Төмөр эдлэлийг никелиэр бүрэх электролитийн хэлхээ угсарч, цахилгаан хучилт хийнэ үү. Бүрсэн эдлэлээ никельдсэн бусад эдлэлтэй харьцуулаарай.

Дэд бүлгийн дүгнэлт

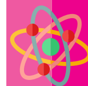
- Металл, бал чулуу нь электроны шилжилтээр, электролитууд ионы шилжилтээр цахилгаан гүйдэл дамжуулдаг.
- Ионт нэгдлийн хайлмалын электролизоор хайлмал дахь анион исэлдэж, катион ангижирна.
- Уусмалын электролизоор электрод дээр явагдах урвал нь катионы ангижрах, анионы исэлдэх чанараас хамаардаг.
- Гальваны хэлхээн дэх металл электродын идэвх ялгаатай байх тусам хэлхээнд үүсэх хүчдэл их байна.



ӨӨРИЙГӨӨ ҮНЭЛЭЭРЭЙ

Нэг сонголтот даалгавар

1. Зөвхөн электролит агуулсан эгнээг сонгоно уу.
   А. Кальцийн хлоридын уусмал, нэрсэн ус, хөнгөнцагаан
   Б. Хуурай кальцийн хлорид, тарианы ус, хөнгөнцагааны оксид
   В. Натрийн бромидын уусмал, нуурын ус, хүхрийн хүчил
   Г. Хуурай натрийн бромид, давстай цай, зэс (II)-ийн гидроксид
2. Гальваны болон электролитийн хэлхээний ялгааг зөв илэрхийлсэн өгүүлбэрийг сонгоно уу.
   А. Электролитийн болон гальваны хэлхээнд хоёуланд нь цахилгаан гүйдэл үүснэ.
   Б. Электролитийн болон гальваны хэлхээнд хоёуланд нь цахилгаан гүйдэл хэрэглэгдэнэ.
   В. Гальваны хэлхээнд цахилгаан гүйдэл үүснэ. Электролитийн хэлхээнд цахилгаан гүйдэл хэрэглэгдэнэ.
   Г. Электролитийн хэлхээнд цахилгаан гүйдэл үүснэ. Гальваны хэлхээнд цахилгаан гүйдэл хэрэглэгдэнэ.
3. Химийн урвалд катализатор хэрэглэхэд өөрчлөгдөхгүй хэмжигдэхүүн аль нь вэ?
   А. Урвалын хурд Б. Бүтээгдэхүүний найрлага
   В. Эх бодисын концентрац Г. Идэвхжлийн энерги
4. Урвал явах эсэх нь аль хүчин зүйлээс хамаарахгүй вэ?
   А. Жижиг хэсгүүдийн хөдөлгөөний кинетик энерги
   Б. Молекулыг бүрдүүлэгч атомуудын хэмжээ
   В. Орон зайн байрлал
   Г. Мөргөлдөлтийн тоо
5. Зэс (II)-ийн хлоридын уусмалын, хайлмалын электролизийн бүтээгдэхүүнийг тодорхойлно уу.
   А. Хайлмалын электролиз: Cu, Cl_2. Уусмалын электролиз: H_2, O_2
   Б. Хайлмалын электролиз: Cu^{2+}, Cl^-. Уусмалын электролиз: H^+, OH^-
   В. Хайлмалын электролиз: Cu^{2+}, Cl^-. Уусмалын электролиз: Cu, OH^- O_2
   Г. Хайлмалын электролиз: Cu, Cl_2. Уусмалын электролиз: Cu, Cl_2
6. Нэгэн урвал 30 секунд хугацаанд явж 60 $см^3$ эзлэхүүнтэй устөрөгч ялгаруулжээ. Урвал ямар хурдтай явсан бэ?
   А. 0.5 $см^3 \cdot с^{-1}$ Б. 3.0 $см^3 \cdot с^{-1}$ В. 1.5 $см^3 \cdot с^{-1}$ Г. 2.0 $см^3 \cdot с^{-1}$
7. Дараах химийн тэнцвэр тогтсон системд Pt катализатор нэмжээ. Тэнцвэр хаашаа шилжих вэ?
   $$N_{2(х)} + 3H_{2(х)} \rightleftarrows 2NH_{3(х)}$$
   А. Эх бодис үүсэх чиглэлд Б. Шулуун урвалын чиглэлд
   В. Буцах урвалын чиглэлд Г. Тэнцвэр шилжихгүй
8. $4HCl_{(х)} + O_{2(х)} \rightleftarrows 2H_2O_{(ш)} + 2Cl_{2(х)}$, $\Delta H°=113$ кЖ·$моль^{-1}$ урвалыг бүтээгдэхүүн үүсэх чиглэлд явуулахын тулд ямар нөхцөлийг хэрхэн өөрчлөх вэ?
   А. Хүчилтөрөгчийн концентрацыг бууруулах Б. Тэнцвэрийн холимгийг халаах
   В. Системд ус нэмэх Г. Системийн даралтыг бууруулах
9. $C_{(х)} + CO_{2(х)} \rightleftarrows 2CO_{(х)}$, $\Delta H°=120$ кЖ·$моль^{-1}$ урвал химийн тэнцвэрт оршиж байв. Ямар нөхцөлд урвал эх бодис үүсэх чиглэл рүү шилжих вэ?
   А. Системд гаднаас дулаан өгөх Б. Системийн эзлэхүүнийг багасгах
   В. Системд катализатор нэмэх Г. Системд 1 моль CO нэмэх
10. Натрийн гидроксидын усан уусмалын электролизоор стандарт нөхцөлд катод дээр 4 моль устөрөгч ялгарчээ. Анод дээр хэдэн моль хүчилтөрөгч ялгарсан бэ? Натрийн гидроксидын масс хорогдох уу?
    А. 2 моль, хорогдохгүй Б. 2 моль, хорогдоно
    В. 4 моль, хорогдохгүй Г. 1 моль, хорогдоно.

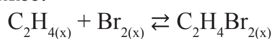


Богино хариулттай бичгийн даалгавар

1. $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$ урвалын дараах өгөгдлийг ашиглан дундаж хурдыг а) Урвалд орсон устөрөгчөөр, б) Урвалд орсон хлороор, в) Урвалаас үүссэн HCl-оор тооцоолно уу.

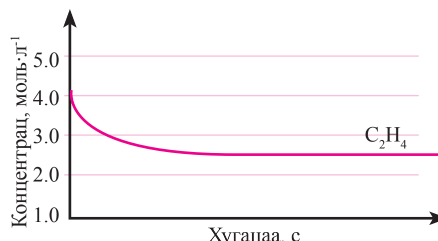
Хугацаа, с	$[H_2]$, M	$[Cl_2]$, M	[HCl], M
0.00	0.030	0.050	0.000
4.00	0.020	0.040	0.020

2. Шатах урвал нь бүтээгдэхүүн үүсэх чиглэлд явагддаг урвал учраас урвалын тэгшитгэлийг бичихдээ нэг чиглэлтэй сумаар дүрсэлж бичдэг билээ. Хэрэв шулуун урвалын идэвхжлийн энерги бага, буцах урвалын идэвхжлийн энерги өндөр байдаг бол шатах урвалын энергийн диаграммыг баримжаалан дүрсэлнэ үү.
3. Натри ба никелийн, кадми ба никелийн аккумляторт үүсэх хүчдэл ижил байх уу? Яагаад?
4. Ижил концентрацтай кальцийн нитрат, мөнгөний нитрат, зэс (II)-ийн нитрат агуулсан уусмалын электролизоор катод дээр металлуудын ангижрах дарааллыг бичнэ үү.
5. Битүү саванд 4.0 моль $C_2H_{4(х)}$, 2.50 моль $Br_{2(х)}$-ийг хийж хольсны дараа урвал явагдаж дараах тэнцвэр тогтжээ.



$$C_2H_{4(х)} + Br_{2(х)} \rightleftarrows C_2H_4Br_{2(х)}$$

Тодорхой температурт $C_2H_{4(х)}$-ийн концентрац хугацаанаас хамаарах хамаарлыг тэнцвэр тогттол судлан дараах графикийг гарган авчээ.



а) График дээр $Br_{2(х)}$, $C_2H_4Br_{2(х)}$-ийн концентрац хэрхэн өөрчлөгдөхийг дүрслэн харуулаарай.

б) Дибромоэтаны гарц хэдэн хувь байх вэ?

Бичгийн даалгавар

1. Магнийг илүүдэл хэмжээний сулруулсан устөрөгчийн хлоридын хүчлээр үйлчлэхэд ялгарсан устөрөгчийн эзлэхүүнийг хугацаанаас хамааруулан судалж, үр дүнг хүснэгтэд харуулжээ.

Хугацаа, минут	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
Устөрөгчийн эзлэхүүн, $см^3$	0	14	25	33	38	40	40	40

а) Хүчлийг яагаад илүүдлээр авсан бэ? [1]
б) Урвал ямар хугацаанд явагдсан бэ? [1]
в) Урвалын үр дүнгээр график байгуулна уу. [1]
г) 0-1, 0-3, 3-5 минутын хугацааны мужид урвалын дундаж хурдыг тус тус тооцоолно уу. [3]
д) Урвалыг удаашруулахын тулд ямар нөхцөлийг хэрхэн өөрчлөх вэ? [2]

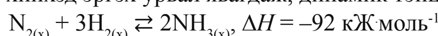
Нийт 8 оноо

2. 2.00 моль метан дээр 10.00 моль хлор хийг нэмжээ. Тэнцвэр тогтсоны дараа урвалын холимогт 1.40 моль хий байдалтай CH_3Cl, мөн устөрөгчийн хлорид хий байдалтай агуулагдаж байв.

а) Явагдах урвалын тэгшитгэлийг бичээрэй. [1]
б) Хлорометаны онолын хувьд үүсэж болох тоо хэмжээг олоорой. [1]
в) Өгсөн нөхцөлд тэнцвэр тогтсоны дараа хлорометаны гарцыг тооцоолж урвал аль чиглэлд явагдсан болохыг тогтоогоорой. [2]
г) Бүтээгдэхүүний гарцыг ихэсгэхийн тулд хэрхэх вэ? [2]

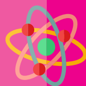
Нийт 6 оноо

3. Үйлдвэрт аммиакийг төмөр катализаторын оролцоотой азот ба устөрөгч хийн харилцан үйлчлэх экзотермийн урвалаар гарган авдаг. Азот ба устөрөгчийн холимгийг 450°C температур, 200 атм даралтад урвалын саванд хийхэд эргэх урвал явагдаж, динамик тэнцвэр тогтжээ.



$$N_{2(х)} + 3H_{2(х)} \rightleftarrows 2NH_{3(х)},\ \Delta H = -92\ кЖ{\cdot}моль^{-1}$$

а) Химийн урвалд катализатор ямар үүрэгтэй оролцож байна вэ? [1]
б) Динамик тэнцвэр гэж юуг хэлэх вэ? [1]



в) Судлаач аммиак гарган авах үйлдвэрийн нөхцөлийг 230°C температур, 900 атм даралттай болгон өөрчлөхөөр санал болгожээ. Түүний дэвшүүлсэн санал нь ямар давуу талтай болохыг химийн тэнцвэр болон мөргөлдөлтийн онолын үүднээс хариулна уу. [3]
г) Үйлдвэрт гарган авсан аммиакийг азотын хүчилтэй урвалд оруулж аммонийн нитрат (NH_4NO_3) гарган бордоо болгож хэрэглэдэг. Явагдах урвалын тэгшитгэлийг бичээрэй. [1]
д) Бордоонд аммонийн ион агуулагдаж байгаа эсэхийг хэрхэн таних вэ? [1]

Нийт 7 оноо

4. Калийн хлоридын хайлмалын электролизоор металл калийг гарган авдаг. Даараах даалгаврыг гүйцэтгээрэй.
а) Катод дээр ангижрах, анод дээр исэлдэх урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү. [1]
б) Хайлмалын электролизийн урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү. [1]
в) Электролизоор үүссэн бүтээгдэхүүнийг хэрхэн таних вэ? [1]
г) Калийн хлоридын уусмалын электролизоор металл калийг гарган авах боломжтой юу? Хариултаа тайлбарлана уу. [1]
д) 20 моль металл калийг гарган авахад хэдэн кг калийн хлорид хэрэгтэй вэ? [2]

Нийт 6 оноо

5. Гальваны хэлхээнд $Zn_{(х)} + Ag^{+}_{(уус)} \rightarrow Zn^{2+}_{(уус)} + Ag_{(х)}$ урвал явагджээ.
а) Ямар электродууд сонгон авсан бэ? [1]
б) Аль электрод сөргөөр цэнэглэгдэх вэ? [1]
в) Аль электрод дээр ангижрах урвал явагдах вэ? [1]
г) Гадаад хэлхээний гүйдлийн чиглэл ямар байх вэ? [1]
д) Электрод дээр 0.1 моль мөнгө ялгарсан бол анодын массын хорогдлыг тооцоолно уу. [2]

Нийт 6 оноо

6. Зэс (II)-ийн сульфатын 0.4 моль·л$^{-1}$ концентрацтай 1 л уусмал дундуур электролиз явуулан уусмалын масс 16 граммаар багасахад электролизийг зогсоов.
а) Электролизийн өмнөх уусмалд агуулагдах зэс (II)-ийн сульфатын массыг олно уу. [1]
б) Катод дээр ялгарсан зэсийн массыг тооцоолно уу. [1]
в) Анод дээр ялгарсан хүчилтөрөгчийн массыг тооцоолно уу. [1]
г) Электролизийн дараах зэс (II)-ийн сульфатын массын хорогдлыг олоорой. [1]

Нийт 4 оноо

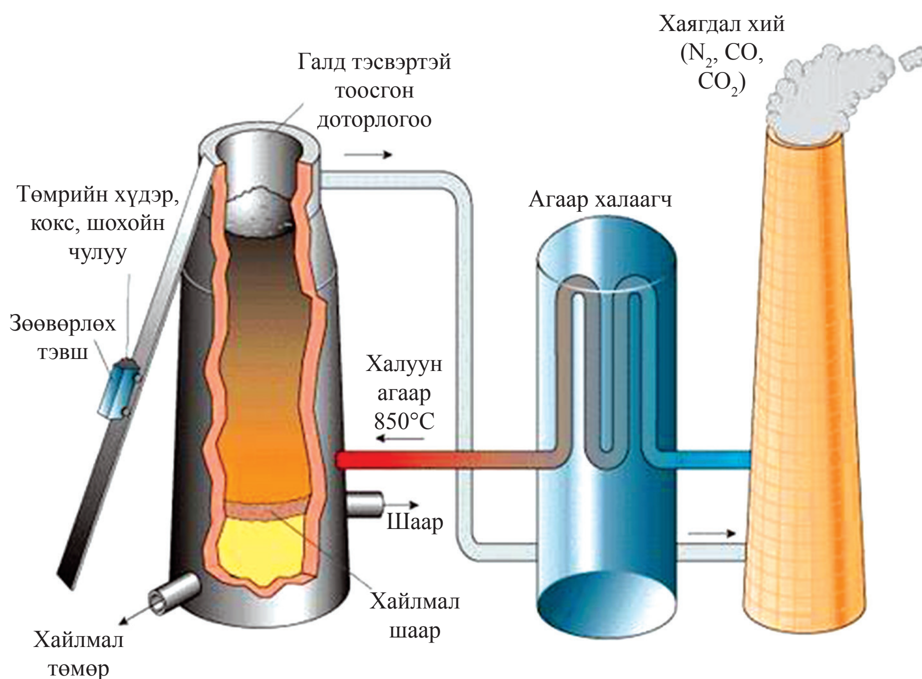
7. Сурагч манган (IV)-ийн оксид катализатор нь устөрөгчийн пероксидыг задлах урвалд нөлөөлөх эсэхийг судлах зорилгоор хоёр туршилт явуулжээ. Хоёр өөр тоо хэмжээтэй манган (IV)-ийн оксид авч туршин ялгарсан хий ба хугацааг хүснэгтэд тэмдэглэсэн байна.

Хугацаа, с	0	30	60	90	120	150	180	210
Эзлэхүүн, см^3 (0.3 г)	0	29	55	79	98	118	133	146
Эзлэхүүн, см^3 (0.5 г)	0	45	84	118	145	162	174	182

а) Туршилтыг явуулсан багажийг бүдүүвчээр зурна уу. [1]
б) Туршилтын үр дүнгээр график байгуулна уу. [1]
в) Энэ урвалд манган (IV)-ийн оксид катализаторын үүрэг гүйцэтгэж байна уу. Үндэслэлээ тайлбарлана уу. [1]
г) Аль шатанд урвал хамгийн хурдан явагдсан бэ? Үүнийг график дээр тайлбарлана уу. [1]
д) Яагаад урвал явагдахын хэрээр муруйн налуу багассаар эцэст нь хэвтээ тэнхлэгтэй зэрэгцээ шулуун болдог вэ? [1]
е) 50 с-ын дараа 0.3 г манган (IV)-ийн оксидтой урвалаас хэдэн эзлэхүүн хий ялгарсан бэ? [2]
ж) 0.5 г MnO_2-той урвалаас 60 см^3 хий ялгарахад ямар хугацаа зарцуулсан бэ? [2]
з) Устөрөгчийн пероксидын задрах урвалын тэгшитгэлийг бичиж тэнцүүлнэ үү. [1]

Нийт 10 оноо

БҮЛЭГ 3.
ОРГАНИК БИШ БОДИС. ШИНЖ ЧАНАР



Энэ бүлгийг судалснаар сурагчид:

3.1. Металл ба хайлш

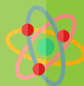
- ✓ Металлын идэвхийн эгнээн дэх байрлалыг үндэслэн металл, түүний оксидын ус, сулруулсан хүчил, нүүрстөрөгч, металлын оксид, давстай харилцан үйлчлэх төрхийг тодорхойлдог,
- ✓ Металлын идэвхийн эгнээн дэх байрлалыг үндэслэн металлыг гарган авах арга болон коррозоос хамгаалах аргыг санал болгодог,
- ✓ Металл болон хайлшийн химийн холбоо, бүтцэд үндэслэн физикийн шинж чанар болон хэрэглээг тодорхойлдог,

3.2. Карбонат

- ✓ Шохойн чулууны байгалийн эргэлтэд оролцдог химийн урвал, холбогдох хэрэглээг тайлбарладаг,
- ✓ Шохойн чулууг барилгын материалын үйлдвэр, агаарын бохирдлыг бууруулахад хэрэглэдэг шалтгааныг тайлбарладаг,

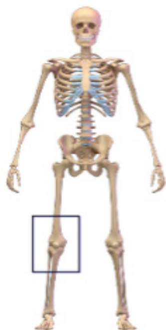
3.3. Хүхэр

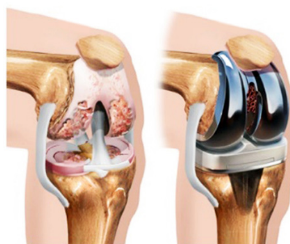
- ✓ Хүхрийн түгээмэл нэгдлүүдийг нэрлэж, хэрэглээг тодорхойлдог,
- ✓ Контактын аргаар хүхрийн хүчлийг гарган авах үйлдвэрлэлийн нөхцөлийг химийн тэнцвэр, урвалын хурдтай холбон тайлбарладаг болсон байна.



3.1. МЕТАЛЛ БА ХАЙЛШ

Түлхүүр үг. Металл, Хайлш, Металлын идэвхийн эгнээ.

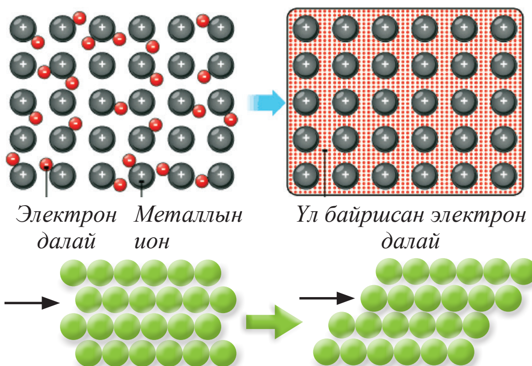




Хүний биеийн өвдөг, ташаа зэрэг үе бол араг ясыг өөр хооронд нь холбож өгдөг холбоос юм. Энэ холбоосын тусламжтай хүн чөлөөтэй хөдөлж, алхаж байдаг. Иймд ноцтой гэмтэл авсан тохиолдолд чөлөөтэй хөдөлгөөн хийх, алхах боломжгүй болно. Орчин үеийн анагаах ухааны дэвшил, материалын хөгжлийн ачаар металл, түүний хайлшаар хийсэн хиймэл холбоосыг ашиглах болсон. Энэ төрлийн хиймэл холбоос нь бат бэх, амархан элэгддэггүй, хөнгөн материалаар хийгдсэн байх шаардлагатай. Ихэнх тохиолдолд орлуулах холбоос эдийг зэвэрдэггүй ган, никель-кобальт, титан, танталын хайлшаар хийсэн байдаг. Яагаад цэвэр металлыг биш хайлшийг эх материал болгон авдаг вэ?

Металлын холбоо ба физикийн шинж чанар

Бодисын шинж чанар тэдгээрийг бүрдүүлж буй жижиг хэсгийн эрэмбэлэгдсэн байдал, химийн холбооны төрхөөр тодорхойлогддогийг бид мэднэ. Цэвэр металл нь металлын холбоогоор холбогдох ба талст оронт торын зангилаан дээр металлын ионууд байрлан, тэдгээрийн завсраар валентын давхрааны электронууд байрлаж чөлөөтэй хөдөлж байдаг.



1. Металлын талст оронт тор дахь чөлөөт электроны нөлөөгөөр металл цахилгаан, дулааны дамжуулдаг чанартай байна.
2. Металлын холбоонд ионууд нь талст оронт торын зангилаан дээр байрлаж, зөвхөн хэлбэлзэх хөдөлгөөн хийж, нягт байрших тул нягт өндөр, хайлах, буцлах цэг ихтэй байдаг.
3. Цэвэр металл нь үелсэн талст бүтэцтэй, цөмийн цэнэг ижил атомуудаас тогтсон байдаг. Металлыг гаднаас ямар нэг хүчээр үйлчлэхэд талст торын үеүд гулсан шилжих боловч металлын холбоо хэвээр байж, гагцхүү металлын хэлбэр өөрчлөгддөг. Ийм учраас цэвэр металл хатуу чанар багатай, зөөлөн, давтагдах, сунгагдах шинжтэй.

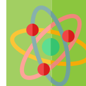
Металлын урвалд орох чадвар ба идэвхийн эгнээ

Металлууд физикийн шинж чанар төдийгүй химийн шинж чанараараа төсөөтэй болохыг бид мэднэ. Тухайлбал:

- Металл химийн урвалд орохдоо электроноо алдаж исэлдэн эерэг цэнэгтэй ионыг үүсгэнэ.
- Металл хлорид, оксид зэрэг ионт нэгдэл үүсгэдэг.
- Металл сулруулсан давсны хүчил, хүхрийн хүчилтэй урвалд орж, гол төлөв давс ба устөрөгч хийг үүсгэдэг.
- Металл хүчилтөрөгчтэй урвалд орж суурийн эсвэл амфотер оксидыг үүсгэдэг.

Металлын ус, усны уур, давсны хүчил, металлын оксид болон нүүрстөрөгчтэй харилцан үйлчлэх урвалын идэвхийг үндэслэн металлын идэвхийн эгнээг бүтээдэг билээ.

Хамгийн идэвхтэй	
Кали	K
Натри	Na
Кальци	Ca
Магни	Mg
Хөнгөнцагаан	Al
Нүүрстөрөгч	C
Цайр	Zn
Төмөр	Fe
Цагаантугалга	Sn
Хартугалга	Pb
Устөрөгч	H
Зэс	Cu
Мөнгө	Ag
Алт	Au
Платин	Pt
Хамгийн идэвхгүй	



Металлын ус, усны уууртай харилцан үйлчлэх урвал. K, Na, Ca, Mg зэрэг металл хүйтэн устай харилцан үйлчилж, металлын гидроксид ба устөрөгч хийг үүсгэнэ.

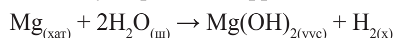
Металл + Ус → Металлын гидроксид + Устөрөгч

Харин цайр, төмөр зэрэг металл хүйтэн устай урвалд ордоггүй болович усны уууртай урвалд орж, оксид ба устөрөгч хийг үүсгэдэг. Металл магни мөн адил урвалд ордог (Зураг 3.1.1).

Металл + Ус → Металлын оксид + Устөрөгч

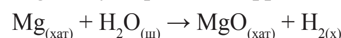
Хартугалга, зэс, мөнгө зэрэг металл усны уууртай урвалд ордоггүй нь урвалын идэвх муутайг илтгэнэ.

Магни хүйтэн устай урвалд орж $Mg(OH)_2$ ба устөрөгч хийг үүсгэдэг.



$Mg_{(хат)} + 2H_2O_{(ш)} \rightarrow Mg(OH)_{2(уус)} + H_{2(х)}$

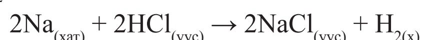
Металл магни халуун усны уууртай харилцан үйлчилж MgO ба устөрөгч хийг үүсгэдэг.



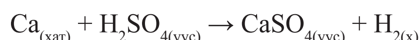
$Mg_{(хат)} + H_2O_{(ш)} \rightarrow MgO_{(хат)} + H_{2(х)}$

Зураг 3.1.1. Металл магни ус, усны уууртай харилцан үйлчлэх төрх байдал

Металл сулруулсан хүчилтэй харилцан үйлчлэх урвал. Кали, натри, лити зэрэг шүлтийн металл, кальци зэрэг газрын шүлтийн металл сулруулсан хүхрийн хүчил болон давсны хүчлийн уусмалтай маш эрчимтэй урвалд орж, металлын сульфат эсвэл хлорид ба H_2 хий үүсгэдэг. Натри, кальцигаар жишээлэн урвалын тэгшитгэлийг бичье.

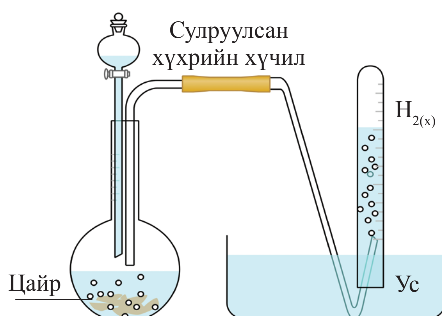


$2Na_{(хат)} + 2HCl_{(уус)} \rightarrow 2NaCl_{(уус)} + H_{2(х)}$



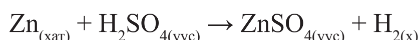
$Ca_{(хат)} + H_2SO_{4(уус)} \rightarrow CaSO_{4(уус)} + H_{2(х)}$

Магни, хөнгөнцагаан, цайр, төмөр, цагаантугалга, хартугалга зэрэг металл сулруулсан хүчилтэй аюулгүй урвалд орно. Гэхдээ магни хамгийн хурдан, хартугалга хамгийн удаан харилцан үйлчилнэ.



Зураг 3.1.2. Лабораторид устөрөгчийг гарган авах туршилтын багаж

Лабораторид цайр ба сулруулсан хүхрийн хүчлийн харилцан үйлчлэх урвалыг ашиглан бага хэмжээний устөрөгчийг гарган авдаг (Зураг 3.1.2).

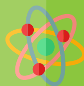


$Zn_{(хат)} + H_2SO_{4(уус)} \rightarrow ZnSO_{4(уус)} + H_{2(х)}$

Тасалгааны температурт энэ урвал нь удаан явагддаг болович уусмалд бага зэрэг зэс (II)-ийн сульфат нэмэх замаар урвалыг хурдасгадаг. Цайр уусмалаас зэсийг халж, үүссэн зэс нь катализаторын үүргийг гүйцэтгэдэг байна.

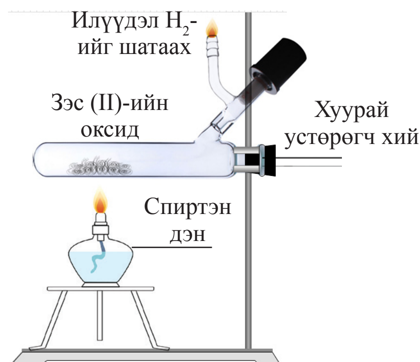
Зэс, мөнгө, алт, платин зэрэг металл сулруулсан хүчилтэй харилцан үйлчилдэггүй идэвхгүй металлууд юм.

Металлын оксидын ангижрах урвал. Металлын урвалд орох идэвх хэдийчинээ сайн байна, металлын оксидын задрал буюу металл үүсгэн ангижрах урвал төдийчинээ муу явагдана.



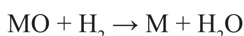
Металлын оксид	Нүүрстөрөгчөөр ангижрах эсэх
K_2O, Na_2O, CaO, MgO	Ангижрахгүй.
ZnO, FeO, PbO, CuO	Ангижирна: $MO + C \xrightarrow{\text{халаалт}} M + CO_2$
Ag_2O	Ангижруулагч урвалжийн нөлөөгүйгээр халаалтаар аяндаа задарна: $2Ag_2O \xrightarrow{\text{халаалт}} 4Ag + O_2$

Металлын идэвхийн эгнээнд магнигаас хойно байрласан металлуудын нүүрстөрөгчөөр ангижрах шинжийг ашиглан металлын оксид хэлбэрээр орших хүдрийг нүүрстөрөгчөөр ангижруулах замаар үйлдвэрт металлыг гарган авдаг (Металлыг гарган авах дэд сэдвийг харах).



Зураг 3.1.3. Зэсийн оксидыг устөрөгчөөр ангижруулан металл зэс гаргах туршилтын багаж

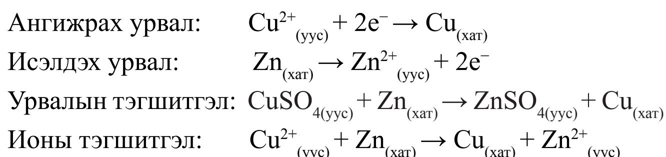
Төмөр (II), зэс (II), хартугалга (II), мөнгө (I) зэрэг металлын оксид дундуур устөрөгч хийг нэвтрүүлэн халаавал металл үүсгэн ангижирдаг (Зураг 3.1.3).



$$MO + H_2 \rightarrow M + H_2O$$

Харин шүлтийн болон газрын шүлтийн металл, цайрын оксид нь халаалтын нөлөөгөөр ч ангижирдаггүй. Металлын идэвхийн эгнээнд цайраас өмнө байрласан металл (K, Na, Ca, Mg, Zn зэрэг)-ын оксидууд маш тогтвортой, нүүрстөрөгч, устөрөгчөөр ангижрахгүй тул хайлмал давсыг нь электролизод оруулах замаар эдгээр металлыг гарган авна.

Металлын халах урвал. Идэвхтэй металл идэвхгүй металлаа нэгдлээс нь түрдэг. Дараах урвалыг авч үзье. $CuSO_4$-ын уусмалд цайр ялтас дүрэхэд явагдах халах урвалын үед $CuSO_4$-ын уусмалаас Cu^{2+} ион ангижирч, Zn ялтасны гадаргуу дээр металл Cu үүсэж байгаа нь ажиглагддаг. Харин ялтас дахь Zn-ын атом нь Zn^{2+} ионыг үүсгэн исэлдэж, уусмалд шилждэг (Зураг 3.1.4).

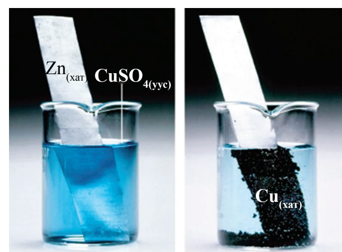


Ангижрах урвал: $Cu^{2+}_{(уус)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(хат)}$

Исэлдэх урвал: $Zn_{(хат)} \rightarrow Zn^{2+}_{(уус)} + 2e^-$

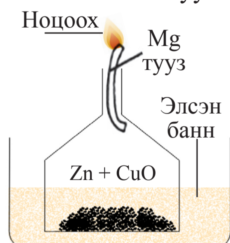
Урвалын тэгшитгэл: $CuSO_{4(уус)} + Zn_{(хат)} \rightarrow ZnSO_{4(уус)} + Cu_{(хат)}$

Ионы тэгшитгэл: $Cu^{2+}_{(уус)} + Zn_{(хат)} \rightarrow Cu_{(хат)} + Zn^{2+}_{(уус)}$



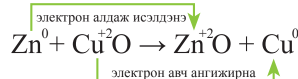
Зураг 3.1.4. Цайр ба зэсийн сульфатын харилцан үйлчлэл

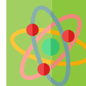
Металлын халах урвалаар идэвхтэй металл исэлдэж, идэвх багатай металл ангижирна. Иймд халах урвал бол исэлдэх-ангижрах урвал юм. Хэдийчинээ идэвхтэй металл байна төдийчинээ эерэг цэнэгтэй ион үүсгэн исэлдэх хандлагатай байна. Энэ нь идэвхтэй металл идэвхгүй металлаа түүний давсны уусмалаас халах шалтгаан болно. Жишээлбэл: зэс магнийг бодвол идэвх муутай учраас ион үүсгэх чадвар магнигаас бага байх тул зэс магнийн ионыг уусмалаас нь ангижруулж чадахгүй.



Зураг 3.1.5. Zn ба CuO-ын харилцан үйлчлэл

Металл ба металлын оксидын харилцан үйлчлэх урвал. Идэвхтэй металл идэвх муутай металлтай харьцуулбал эерэг цэнэгтэй ион үүсгэх хандлагатай учир идэвхтэй металл идэвх багатай металлын оксидыг ангижруулна. Жишээ болгон цайр ба зэсийн оксидын харилцан үйлчлэх урвалыг авч үзье. Магни тууз ноцож эхэлснээр Zn болон CuO харилцан үйлчилж эхлэх энергийг үүсгэдэг (Зураг 3.1.5).



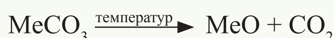


Асуулт

1. Магнийн ялтас биш туузыг авдагийн шалтгаан юу вэ?
2. Элсэн банныг ямар зорилгоор хэрэглэж байна вэ?
3. Энэхүү урвалтай төсөөтэй явагдах урвалын жишээ гаргаж тайлбарлаарай.

Хэдийчинээ идэвхтэй металл байна, төдийчинээ хялбар химийн нэгдэл үүсгэнэ. Харин урвалын идэвх муутай металл дангаар оршиж, химийн нэгдэл үүсгэхгүй байх хандлагатай.

Металлын карбонатын дулааны задрал. Зарим химийн нэгдлийг халааж задлах боломжгүй байдаг. Энэ нь тухайн бодис дулаанд тогтвортой байгааг илтгэнэ. Тодорхойлсон нөхцөлд химийн урвалд орохгүй бол химийн хувьд **тогтвортой,** урвалд орж байвал **тогтворгүй нэгдэл** гэнэ. Олон химийн нэгдэл дулааны задралд орж бага масстай нэгдэл эсвэл элемент үүсгэн задардаг. Металлын үүсгэсэн нэгдлийн дулааны задрал металлын химийн идэвхтэй шууд хамааралтай. Металл хэдийчинээ идэвхтэй байна, түүний үүсгэх нэгдлийг задрах урвалд оруулахад төдийчинээ төвөгтэй байна. Жишээлбэл: калийн болон натрийн карбонат нь дулааны нөлөөгөөр задрахгүй байхад идэвх багатай металлууд (Ca, Mg, Zn, Fe, Pb, Cu)-ын карбонат задарч металлын оксид, нүүрсхүчлийн хий үүсгэдэг.



$$MeCO_3 \xrightarrow{\text{температур}} MeO + CO_2$$

Харин идэвхгүй металл болох мөнгөний карбонатыг халаан задлахад мөнгө, нүүрсхүчлийн хий, хүчилтөрөгч хий үүсдэг. Учир нь мөнгөний оксид дулаанд тогтворгүй тул халаалтаар задарч мөнгө, хүчилтөрөгч хийг үүсгэдэг.

$$Ag_2CO_3 \xrightarrow{\text{температур}} 2Ag + CO_2 + \tfrac{1}{2}O_2$$

Алтны нэгдлүүд дулаанд тогтворгүй учраас ердийн нөхцөлд оршдоггүй.

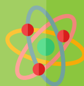
Дасгал

1. Al нь 1) дулаан сайн дамжуулдаг, 2) нягт багатай, 3) гадаргууд нь оксидын бүрхүүл үүсэж коррозоос хамгаалдаг зэрэг чанартай. Ямар шинжид үндэслэн Al савыг хоол хийх, хүнс хадгалах зорилгоор хэрэглэдэг вэ?
2. Sn нь идэвхийн эгнээнд төмөр ба хартугалганы хооронд оршдог. SnO оксид а) Нүүрстөрөгч, б) Магнитай урвалд орох уу? Хариултаа тайлбарлаарай.
3. Хромыг $ZnSO_4$-ын уусмалд дүрэхэд химийн урвал явагдаагүй. Харин хромын нунтаг ба төмөр (III)-ийн оксидын холимгийг хүчтэй халаахад химийн урвал явагдсан бол хромын идэвхийн эгнээн дэх байрлалыг таамаглана уу.

Металлын идэвхийн эгнээг 1) металлын байрлалд үндэслэн түүний төрх байдлыг урьдчилан хэлэх, 2) туршилтын үр дүнд үндэслэн тухайн металлын идэвхийн эгнээн дэх байрлалыг урьдчилан хэлэхэд хэрэглэдэг. Металлын идэвхийн эгнээн дэх байрлалыг мэдсэнээр металлыг гарган авах, металлыг коррозод орохоос сэргийлэх тохирох аргыг сонгох боломжтой.

Металлыг гарган авах арга

Ихэнх металлууд тогтвортой нэгдэл болох оксидын хүдэр хэлбэрээр байгаль дээр оршдог. Иймд металлыг гарган авахын тулд металл ба хүчилтөрөгчийн атомуудын хооронд үүссэн холбоог таслахад тодорхой энерги шаардлагатай болдог. Металлын байгаль дээр орших байдал нь тэдгээрийн химийн урвалын идэвхтэй хамааралтай. Алт, мөнгө, мөнгөнус, платин зэрэг металлууд агаар, чийг, нүүрсхүчлийн хий, металл бишүүдтэй харилцан



үйлчилдэггүй, идэвхгүй учраас байгаль дээр гол төлөв элемент байдлаар буюу дангаараа оршдог. Харин ихэнх металлууд агаар, чийг, нүүрсхүчлийн хий, хүчилтөрөгч, хүхэр, галоген зэрэг металл бишүүдтэй харилцан үйлчилж оксид, сульфид, карбонат, силикатын нэгдэл хэлбэрээр оршдог (Хүснэгт 3.1.1). Монгол оронд 80 төрлийн ашигт малтмалын 1170 орд, найман мянга гаруй илэрц бүртгэгдсэн байдаг. Үүнд алтны 1619, мөнгөний 227 мянга, зэсийн 36.3 сая, төмрийн хүдрийн 660 сая, цайрын 5.9 сая орчим тонн нөөц батлагдаад буй. Нөөц ихтэй зэсийн Эрдэнэт, Оюу толгой, Цагаан суварга, алтны Гацуурт, Тавт, мөнгөний Асгат, Мөнгөн өндөр, төмрийн хүдрийн Баянгол, Төмөртэй, Төмөртэйн овоо, Баргилт зэрэг томоохон орд байдаг *(Тоо баримтыг https://goo.gl/kQRW6S сайтаас авав)*.

Хүснэгт 3.1.1. Хүдэрт агуулагдах түгээмэл эрдсүүд

Орших хэлбэр	Байгалийн хүдэрт агуулагдах түгээмэл эрдсүүд
Оксид	Гематит (Fe_2O_3), боксит (Al_2O_3), куприт (CuO), цинкит (ZnO)
Сульфид	Цайрын хуурмаг (ZnS), зэсийн гялтгана (Cu_2S), мөнгөний гялтгана (Ag_2S), пирит (FeS_2), халькопирит ($CuFeS_2$)
Карбонат	Кальцит, арагонит ($CaCO_3$), доломит ($MgCa(CO_3)_2$)
Сульфат	Ангидрит ($CaSO_4$), целестин ($SrSO_4$), барит ($BaSO_4$)
Галид	Хоолны давс ($NaCl$), криолит (Na_3AlF_6)

Хүдрээс металлыг ялгах арга. Хүдрийг олборлон баяжуулж, баяжмалаас хольцтой металлыг ялган авсны дараа бохирдлоос нь цэвэрлэж цэвэр металл гарган авдаг (Зураг 3.1.6).

Зураг 3.1.6. Хүдрээс металл гарган авах үндсэн үе шат

Хүдрээс металлыг ялган авахын өмнө чулуулаг, шороог зайлуулж, хольцыг багасгадаг. Үүнийг хүдрийг баяжуулах гэх бөгөөд үүссэн хольцыг **баяжмал** гэнэ.

Мэдэхэд илүүдэхгүй

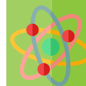
Хүдэр ба эрдэс. Техник, эдийн засгийн тодорхой түвшинд ашиглагдах химийн нэгдэл, элементийг үр ашигтайгаар ялган авах боломжтой, их хэмжээний шороо, чулуулаг агуулсан эрдсийг **хүдэр** гэнэ. Дэлхийн царцдаст геологийн процесс (биологийн биш процесс)-ийн үр дүнд үүсдэг, тодорхой химийн найрлагатай, талст оронт торын бүтэцтэй, байгаль дээр оршдог химийн нэгдлийг **эрдэс** гэнэ.

Хүдэр

Эрдэс

Металлын идэвхийн эгнээн дэх байрлалаас хамаарч металлыг ямар аргаар гарган авахыг тодорхойлдог (Хүснэгт 3.1.2). Идэвхтэй металлыг тэдгээрийн нэгдлийн хайлмалыг электролизод оруулан гарган авдагийг бид цахилгаан хими бүлэгт үзсэн.

Металлын идэвхийн эгнээний дунд хэсэгт байрлаж буй цайр, төмөр, зэс зэрэг металлууд урвалын идэвх харьцангуй багатай учраас тэдгээрийн оксидыг нүүрстөрөгчөөр ангижруулан гарган авах боломжтой. Харин идэвхийн эгнээнд хамгийн сүүлд байрладаг алт, мөнгө гэх мэт металлууд химийн идэвх муутай учраас байгаль дээр элемент байдлаар орших учраас физикийн аргаар цэвэрлэнэ. Металл хэдийчинээ идэвхтэй байна, түүнийг хүдрээс ялгаж салгах нь төдийчинээ төвөгтэй байдаг. Металлын идэвхийн эгнээн дэх



байрлалаас харахад натри, кали, кальци, магни, хөнгөнцагаан зэрэг металл химийн идэвх сайтай учраас тэдгээрийн үүсгэсэн нэгдлийг задлахад төвөгтэй байх тул нүүрстөрөгчөөр ангижруулан гарган авах боломжгүй.

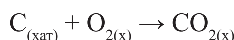
Гематитаас төмрийг гарган авах. Хүдрийн үндсэн эрдэс бол гематит бөгөөд төмөр (III)-ийн оксид элс, шороо зэрэг хольц агуулсан байдаг. Төмрийг домен зууханд гематитаас ялгаж авдаг. Домен зуухны дээд талаас гематит, кокс, шохойн чулууг нэмдэг. Зуухны доод хэсгээс халуун агаарыг зуух руу үлээлгэнэ (Зураг 3.1.7). Домен зууханд ямар химийн үзэгдэл явагдах вэ?

Хүснэгт 3.1.2. Металлын идэвхийн эгнээнд үндэслэн металл ялгаж салгах арга

K Na Ca Mg Al	Урвалын идэвх сайтай металл	Металлын хайлмал давсны электролизоор гарган авна
C		
Zn Fe Sn Pb H Cu	Урвалын идэвх багатай металл	Металлын оксидыг халаах эсвэл, C-тэй цуг халаах замаар гарган авна
Ag Au Pt	Идэвхгүй метал	Физикийн аргаар хольцоос ялган салгана

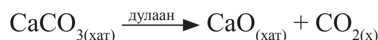
Зураг 3.1.7. Домен зуухны бүтэц

1. Кокс дахь нүүрстөрөгч халуун агаарын оролцоотой шатаж нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксид үүсэж их хэмжээний дулаан ялгардаг.



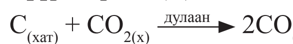
$C_{(хат)} + O_{2(х)} \rightarrow CO_{2(х)}$

Дулааны нөлөөгөөр шохойн чулуун дахь кальцийн карбонат задарч кальцийн оксид, нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксидыг үүсгэнэ.



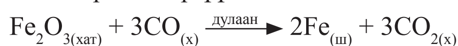
$CaCO_{3(хат)} \xrightarrow{дулаан} CaO_{(хат)} + CO_{2(х)}$

2. Эхний шатанд үүссэн нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксид кокс дахь нүүрстөрөгчтэй урвалд орж нүүрстөрөгч (II)-ийн оксид үүсгэнэ.



$C_{(хат)} + CO_{2(х)} \xrightarrow{дулаан} 2CO_{(х)}$

3. Гематит дахь төмөр (III)-ийн оксид 2-р шатанд үүссэн нүүрстөрөгч (II)-ийн оксидоор ангижирч төмөр үүсгэнэ.



$Fe_2O_{3(хат)} + 3CO_{(х)} \xrightarrow{дулаан} 2Fe_{(ш)} + 3CO_{2(х)}$

4. Төмрийн хүдэр дэх элс, шороо зэрэг хольцод агуулагддаг цахиурын оксид 1-р шатанд үүссэн кальцийн оксидтой харилцан үйлчилж кальцийн силикат үүсгэх замаар төмрийг хольцоос нь цэвэрлэдэг.

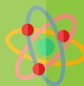
$CaO_{(хат)} + SiO_{2(хат)} \xrightarrow{дулаан} CaSiO_{3(хат)}$

Энэхүү хайлмал шаар нь нягт багатай хайлмал төмрийн дээд хэсэгт үүсдэг (Зураг 3.1.8). Хатуу төлөвтэй шаарыг замын хучлагад хэрэглэдэг.

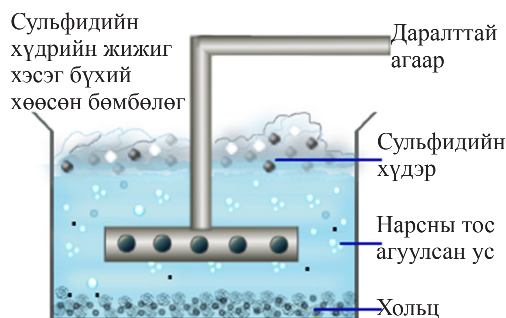
Зураг 3.1.8. Төмрийн үйлдвэрийн хаягдал болох хайлмал шаар

Домен зуухнаас үүссэн хайлмал төмөр зуухны доод хэсгээс ялгаж авна. CO_2, CO, N_2 агуулсан халуун хаягдал хий зуухны дээд хэсгээс гарна.

Цайрын хуурмаг эрдсээс цайрыг гарган авах. Цайр байгаль дээр гол төлөв сфалерит буюу цайрын хуурмаг хүдэр байдлаар оршдог. Цайрын хуурмагийн ихэнх хэсгийг цайрын сульфид (ZnS)-ын эрдэс эзэлдэг.

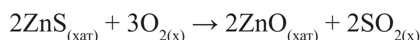


Баяжуулах шат: Цайрын хуурмагийн хүдрийг хөөсрүүлэн хөвүүлэх аргаар баяжуулна. Нунтагласан хүдрийг ус ба нарсны тос бүхий саванд хадгалж, холимгийг даралттай агаар дундуур урсгана. Ингэснээр хүдрийн хөөс үүсэж хольц нь усны ёроолд үлддэг (Зураг 3.1.9).



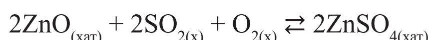
Зураг 3.1.9. Сульфидийн хүдрийг баяжуулах

Шатаах: Баяжмалыг зууханд хийж 900°С-аас дээш температуртай болтол халаахад цайрын сульфид шатаж цайрын оксид, хүхэр (IV)-ийн оксидыг үүсгэдэг.



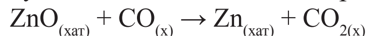
$$2ZnS_{(хат)} + 3O_{2(х)} \rightarrow 2ZnO_{(хат)} + 2SO_{2(х)}$$

ZnO-ийн багахан хэсэг хүчилтөрөгчийн оролцоотой SO_2 болон исэлдэж $ZnSO_4$ үүсгэх боловч 900°С температураас дээш эргэн задарч цайрын оксидыг үүсгэдэг.



$$2ZnO_{(хат)} + 2SO_{2(х)} + O_{2(х)} \rightleftarrows 2ZnSO_{4(хат)}$$

Ангижруулах шат: Үүссэн цайрын оксидыг 1) нүүрстөрөгч (II)-ийн оксидоор үйлчлэх замаар, 2) электролизийн аргаар ангижруулан цайрыг гарган авдаг. Ангижрах урвалыг авч үзье. Шатаах явцад үүсэж буй ZnO-ыг кокстой хольж хүчтэй халаан ангижруулах замаар цайрыг гарган авна:



$$ZnO_{(хат)} + CO_{(х)} \rightarrow Zn_{(хат)} + CO_{2(х)}$$

Ангижрах урвалыг босоо баганад явуулдаг. Энэ процессоор хүдрийн шаталтын бүтээгдэхүүнийг 2:1 харьцаагаар кокстой хольж 1400°С температуртай болтол халаана. Цайрын уурыг конденсацлан гарган авсан хайлмал цайрыг **техникийн цайр** гэнэ.

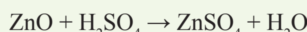
Цэвэрлэх шат: Үүсэх холимог нь цайр ба хольцын шаарыг агуулах ба цэвэр цайрыг хэсэгчлэн нэрэх арга эсвэл электролизоор гарган авдаг. Холимог гол төлөв хартугалга, төмөр, кадьми зэрэг бохирдол агуулдаг.

Хэсэгчилсэн нэрлэг

Pb (1740°С), Fe (2750°С)-ийн буцлах цэг Zn (908°С)-ынхаас өндөр, харин Cd (767°С)-ийн буцлах цэг бага байна. Нэрлэгийг 1000°С температурт явуулахад Zn, Cd ууршиж, Pb, Fe нэрэгдэлгүй үлдэнэ. Цааш 800°С температурт Cd нэрэгдэж 99% цэвэршлийн зэрэгтэй цэвэр Zn үлддэг.

Электролиз

Маш өндөр цэвэршлийн зэрэг (99.96%)-тэй Zn-ыг электролизоор гарган авдаг. ZnO-ыг хүхрийн хүчилд уусгана.



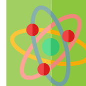
$$ZnO + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2O$$

Катодоор цэвэр металл, анодоор бохирдолтой цайрыг авдаг. Электродыг $ZnSO_4$, сулруулсан хүхрийн хүчлийн уусмалд дүрж электролиз явуулахад анодоос цайр уусаж, катод дээр цэвэр цайр ялгардаг.

Металл цайрын бусад металлуудтай үүсгэсэн хайлш корроз, үрэлтэд тэсвэртэй, цувигдах болон механик чанар сайтай байдаг. Цайрын оксид болон хайлшийг автомашин, барилга байгууламж, хөлөг онгоцны үйлдвэр, машин механизмын үйлдвэр, гэр ахуйн цахилгаан хэрэгсэл, зайн үйлдвэрт түгээмэл хэрэглэдэг.

Дасгал

4. Хүдэр гэж юуг хэлэх вэ? Эрдсээс ямар ялгаатай вэ?
5. Зарим металлыг түүний оксидыг нь нүүрстөрөгч, устөрөгчөөр үйлчлэн гарган авдаг. Энэ ямар химийн урвал вэ? Ямар металлыг энэ аргаар гарган авч болох вэ?
6. Хайлмал хүдрийн электролизоор гарган авдаг металлыг нэрлэнэ үү.
7. Цайрын оксидоос нь хүчилтөрөгчийг зайлуулах замаар цайрыг ялгаж авдаг. а) Явагдах урвалыг нэрлэнэ үү, б) Металлын идэвхийн эгнээн дэх байрлалд нь үндэслэн цайрын оксидоос цайрыг гарган авахад ямар элементийг хэрэглэхийг тогтоож, урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү.

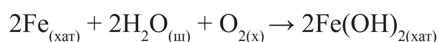


Металлын корроз

Хүрээлэн буй орчинд байгаа хүчилтөрөгч, ус, бусад химийн бодисын нөлөөгөөр металл, металлын хайлш нь химийн хувиралд орж элэгдэх үзэгдлийг **корроз** гэнэ. Төмөр, хөнгөнцагаан, зэс, хартугалга гэх мэт металл агаар, усны нөлөөгөөр исэлдэж, коррозод ордог болохыг бид мэднэ.

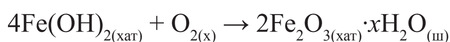
Жишээлэн төмрийн зэврэлийг авч үзье. Төмрийн зэврэл хоёр үндсэн шаттай явагддаг. Үүнд:

1. Төмөр исэлдэж, төмөр (II)-ийн гидроксидыг үүсгэнэ.

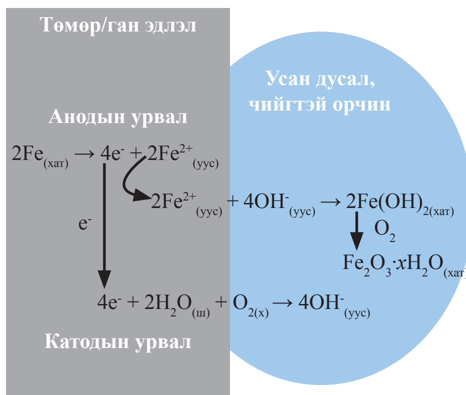


$$2Fe_{(хат)} + 2H_2O_{(ш)} + O_{2(х)} \rightarrow 2Fe(OH)_{2(хат)}$$

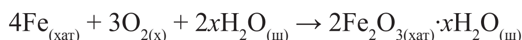
2. Төмөр (II)-ийн гидроксид цаашид исэлдэж, гидратжсан Fe_2O_3-ийг үүсгэдэг.



$$4Fe(OH)_{2(хат)} + O_{2(х)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(хат)} \cdot xH_2O_{(ш)}$$



Зэв үүсгэх урвалыг гол төлөв гидратжсан оксид хэлбэртэй бичдэг боловч маш усархаг, нойтон үед төмөр (III)-ийн гидроксид үүсгэдэг. Явагдах урвалын тэгшитгэлийг нэгтгэн бичвэл:

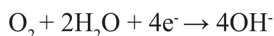


$$4Fe_{(хат)} + 3O_{2(х)} + 2xH_2O_{(ш)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(хат)} \cdot xH_2O_{(ш)}$$

$Fe_2O_{3(хат)} \cdot xH_2O_{(ш)}$-ийг гидратжсан төмөр (III)-ийн оксид буюу **зэв** гэнэ. Зэврэх явцад төмөр 3 электрон алдан исэлдэнэ.

$$Fe \rightarrow Fe^{3+} + 3e^-$$

Агаарын O_2 усны оролцоотой чийглэг орчинд ангижирч гидроксид ионыг үүсгэнэ.



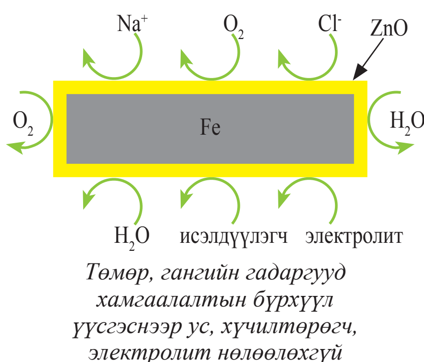
$$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$$

Зэврэх үзэгдлийн үед төмөр исэлдэн анодын үүрэг гүйцэтгэн, хүчилтөрөгч ангижирч катодын үүрэг гүйцэтгэснээр аяндаа явагдах гальваны хэлхээг үүсгэдэг. Өөрөөр хэлбэл төмөр зэврэх үзэгдэл бол агаар, усны нөлөөгөөр төмрийн аяндаа исэлдэх урвал юм.

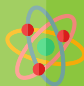
Коррозоос хамгаалах арга. Хуванцараар бүрэх, тосолгоо, өнгөлгөө хийх, будгаар будах зэргээр хамгаалалтын үе үүсгэн коррозоос хамгаалах түгээмэл аргууд байдгийг бид өмнө үзсэн.

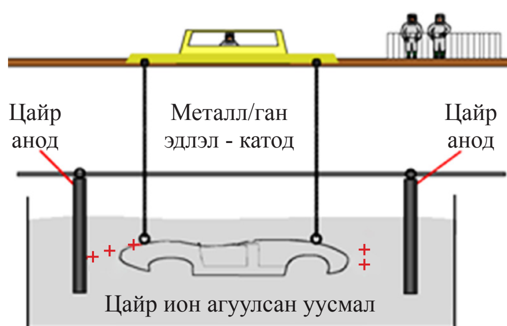
Цайрдах арга. Энэ аргаар төмөр, ган эдлэлийн гадаргуут илүү идэвхтэй металл болох цайраар бүрдэг. Металл эдлэлийн гадаргууг цайраар бүрэхдээ хайлмал цайрт шууд дүрэх эсвэл цахилгаан хучилтын аргыг хэрэглэнэ. Ийнхүү цайраар хучсанаар цайр агаарын хүчилтөрөгчтэй урвалд орж, цайрын оксидын хатуу бүрхүүл үүсгэн зэврэлд орохоос хамгаалдаг байна. Нөгөө талаас цайр төмрөөс идэвхтэй металл учир түрүүлж исэлдэх урвалд ордог тул “золиосны металл” болдог.

Цахилгаан хучилтын аргаар идэвхгүй металлаар бүрэх. Цахилгаан химийн аргаар металл эдлэлийн гадаргууг хром, цагаантугалга зэрэг идэвхгүй металлаар хучиж бүрснээр агаар, усны нөлөөгөөр металл эдлэл коррозод орж элэгдэхээс хамгаалдаг.



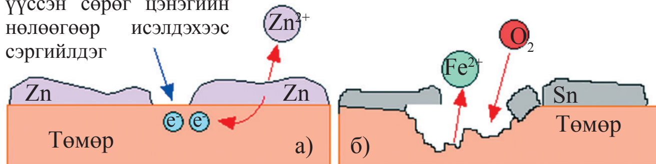
Төмөр, гангийн гадаргууд хамгаалалтын бүрхүүл үүсгэснээр ус, хүчилтөрөгч, электролит нөлөөлөхгүй





Автомашины үйлдвэрт машины гангаар хийсэн их биеийг цахилгаан хучилтын аргаар цайраар бүрдэг. Энд электролитийн хэлхээний анод болох металл эдлэлийн гадаргуу дээр цайрын ион ангижирч металл цайрын бүрхүүл үүснэ. Харин анодоор авсан металл цайр исэлдэн уусмалд шилждэг.

Идэвхтэй ("Золиосны") металлаар бүрэх. Энэ арга нь металлын идэвхийн эгнээнд төмрөөс илүү урвалын идэвхтэй магни, цайр зэрэг металлаар төмөр/ган эдлэлийг бүрэхэд үндэслэгдэнэ. Идэвхтэй металлаар бүрсэн тохиолдолд цайр түрүүлж исэлдсэнээр төмөр эдлэлийн гадаргуу дээр сөрөг цэнэгийн илүүдэл бий болж, улмаар төмрийг исэлдэж зэврэхээс хамгаалдаг (Зураг 3.1.10а).



Зураг 3.1.10. Төмөр, ган эдлэлийг а) идэвхтэй, б) идэвхгүй металлаар бүрэх

Харин идэвхгүй металлаар бүрсэн тохиолдолд хамгаалалтын давхраа байхгүй болоход төмөр шууд исэлдэж эхэлдэг (Зураг 3.1.10б).

Дадлага ажил

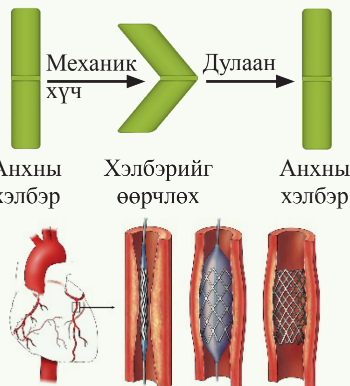
Унадаг дугуй, автомашин, гал тогооны металл эдлэлийг коррозоос хэрхэн хамгаалсан байгаа талаар нэмэлт мэдээлэл ашиглан судалгаа хийгээрэй.

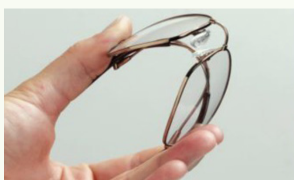
Хайлш

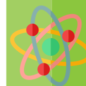
Цэвэр металл нь агаар, усны нөлөөгөөр хялбархан коррозод ордог, зөөлөн учраас ахуйн хэрэглээнд тохирдоггүй. Иймд ихэнх металл эдлэлийг өөр металлтай хольж хайлш үүсгэн шинж чанарыг нь өөрчлөн хэрэглэдэг. Металлын нэг буюу хэд хэдэн элементтэй үүсгэсэн холимгийг **хайлш** гэнэ.

Мэдэхэд илүүдэхгүй

Механик хүчээр хэлбэрийг нь өөрчилсөн ч халаахад анхны хэлбэртээ ордог материалыг "ухаалаг хайлш" буюу "хэлбэрээ санадаг хайлш" гэнэ. Үүний нэг болох никель-титаны ухаалаг хайлшийг нитинол хэмээн нэрлэх ба маш үнэтэй материал юм. Нитинолыг шүдний аппарат, нүдний шил, судасны ханыг тэлэгч хоолой хийх зорилгоор хэрэглэж байна.







Хайлмал элементүүд (металлууд эсвэл металл ба нүүрстөрөгч)-ийг тохирох харьцаагаар хольж хөргөх замаар хайлшийг гарган авдаг. Хайлшийн бат бэх чанар цэвэр металлыг бодвол үргэлж илүү байна. Хөнгөнцагаан хэврэг, нягт багатай металл боловч 4% зэс болон бусад бага агуулгатай металлыг нэмэхэд дюралюмин хайлшийг үүсгэдэг. Энэхүү хайлшийн бат бэх, хөнгөн чанар нь нисэх онгоцыг бүтээхэд тохирдог байна.

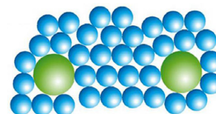
Цагаан алт нь 90% Au, 10% Ni-ээс тогтсон хайлш ба давтагдах чанарыг сайжруулахын тулд Cu-ийг нэмдэг. Цагаан алт нь Au ба Ni, Mn, Pd зэрэг цагаан өнгөтэй металлын аль нэгийг агуулсан байж болдог бөгөөд гоёл чимэглэлийн зориулалтаар түгээмэл хэрэглэнэ. Цагаан алт хайлш бол платин элемент юм.

Грекээс МЭӨ VII зууны сүүл, VI зууны эхэн үеийн Cu, Sn-ын хайлш болох хүрлээр хийсэн ваар сав ихээр олддог байна.

Хүснэгт 3.1.3. Түгээмэл хайлшийн найрлага ба шинж чанар

Хайлшийн төрөл	Нэмэлт	Шинж чанар	Түгээмэл хэрэглээ
Гууль	70% Cu, 30% Zn	Зэсээс хатуу, алтлаг өнгөтэй	Хөгжмийн зэмсэг, гал тогооны хэрэгсэл
Гагнуурын хайлш	50% Sn, 50% Pb	Pb, Sn-аас хайлах цэг багатай	Төрөл бүрийн гагнуур хийх
Нүүрстөрөгчийн агуулга багатай ган	99.75% Fe, ≈ 0.25% C	Төмрөөс хатуу, бат бэх, харьцангуй уян чанартай	Автомашины их бие
Нүүрстөрөгчийн агуулга өндөртэй ган	97.5% Fe, < 2.5% C	Төмрөөс хатуу	Хөдөлмөрийн багаж хэрэгсэл
Зэвэрдэггүй ган	74% Fe, 18% Cr, 8% Ni	Бат бэх, зэврэлд тэсвэртэй	Гэр ахуйн хэрэглэл, угаалтуур

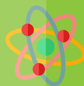
Хайлш нь яагаад металлаас ялгаатай шинж чанарыг үзүүлж байна вэ? Цэвэр металлд ялгаатай атомын радиус бүхий өөр элементийг нэмэхэд цэвэр металлын талст оронт торд сууж зөв, үелсэн бүтцийг эвддэг. Нэмсэн элементийн атомын радиус ялгаатай учраас үеүд хялбар гулсах боломжгүй болж бат бэх чанарыг нэмэгдүүлдэг. Энэхүү бүтцийн өвөрмөц чанар нь хайлшийн онцлог шинж чанар, хэрэглээг бий болгодог ажээ (Хүснэгт 3.1.3).



Мэдэхэд илүүдэхгүй

Зоосон мөнгө. Монголбанкнаас 1994 онд Монгол улсын хэрэглээнд зориулж 100, 200, 500 төгрөгийн зоосон мөнгийг хэвлүүлж байжээ. Эдгээр зоос нь 75% Cu, 25% Ni агуулсан купроникель хайлшаар хийгддэг. Энэхүү хайлш коррозод тэсвэртэй, цахилгаан дамжуулдаг, элэгдэл багатай, давтагддаг, харшил бага үүсгэдэг, хэв оруулах, дардас гаргахад хялбар, бактерийн эсрэг чанартай, дахин хэрэглэх боломжтой зэрэг маш олон давуу талтай учраас олон оронд зоосон мөнгө хийхэд хэрэглэдэг байна.

Гангийн хэрэглээ ба үйлдвэрлэл. Төмрийн нүүрстөрөгч ба бусад металлтай үүсгэх хайлшийг **ган** гэнэ. Гангийн шинж чанар, хэрэглээ нь найрлага дахь нүүрстөрөгч ба бусад металлын агуулгаас хамаарч өөр өөр байдаг. Домен зуухнаас гарсан төмөр нь нүүрстөрөгч болон бусад хольцыг агуулсан, 96% цэвэршлийн зэрэгтэй байдаг учраас хатуу, хэврэг чанартай. Иймд нүүрстөрөгчийн агуулгыг бууруулан хянах замаар тухайн хэрэглээ (Хүснэгт 3.1.3)-д тохирсон шинж чанар бүхий ганг үйлдвэрлэдэг. Гангийн үйлдвэрлэл нь дараах үндсэн шатаас тогтдог. Үүнд:



I. Цэвэр төмөр гарган авах

а) Домен зуухнаас гарсан хайлмал төмрийг хаягдал төмөртэй холино.

б) Холимог дундуур өндөр даралттай цэвэр хүчилтөрөгч хийг нэвтрүүлж цахиур, фосфор зэрэг бохирдлыг хүчиллэг оксид болгон исэлдүүлнэ.

$Si + O_2 \rightarrow SiO_2$ $P_4 + 5O_2 \rightarrow P_4O_{10}$

в) Кальцийн карбонатыг зуух руу хиймэгц өндөр температурын нөлөөгөөр задарч үүссэн CaO нь хүчиллэг оксидуудтай урвалд орж шаар үүсгэнэ.

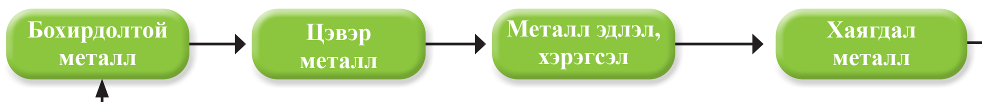
$CaO + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3$ $3CaO + P_2O_5 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$

Үүссэн шаарыг зайлуулж зөөлөн, амархан нугардаг цэвэр төмрийг гарган авдаг.

II. Төрөл бүрийн шинж чанартай ганг гарган авахын тулд C, Cr, Mn, Ti зэрэг бусад металлыг тохирох агуулгаар нэмдэг. Холимгийг өндөр температурт аргоны орчинд хөөсрүүлэн холих замаар ганг үйлдвэрлэдэг.

Металлыг дахин хэрэглэх

Металл нь байгалийн шавхагдах нөөц баялагт ордог. Байгаль дахь металлын агуулга, тоо хэмжээ хязгаарлагдмал. Өнөөг хүртэлх хэдэн зуун жилийн хугацаанд хүн төрөлхтөн тогтоогдоод байгаа металлын нөөцийн ихэнхийг аль хэдийнэ олборлоод байна. Бидний өсөн нэмэгдсээр байгаа металлын хэрэглээнээс үүдэн тэдгээрийн байгалийн нөөц багассаар байна. Нөгөө талаас металлын хэрэглээ нэмэгдэхийн хэрээр түүний хог хаягдлыг зөв зохистой эргүүлэн ашиглах асуудал урган гарах нь тодорхой. Асуудлыг шийдвэрлэх нэг арга зам бол металл хаягдлыг дахин боловсруулах юм. Металлын хаягдлыг цуглуулж тээвэрлэн, ангилж, бохирдлоос цэвэрлэх замаар цэвэр металлыг гарган авдаг (Зураг 3.1.11).



Зураг 3.1.11. Металлыг дахин ашиглах цикл үе шат

Ингэж металлыг дахин хэрэглэснээр хог хаягдал буурч, хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх сөрөг нөлөө буурч, экологийн тэнцвэрийг хадгалах давуу тал бий болох боловч өртөг өндөртэй, энергийн зарцуулалт ихтэй, олон нийтийн оролцоо, цаг хугацаа их шаардагддаг учраас хүрээлэн буй орчинд ээлтэй, өрсөлдөхүйц үнэ өртөг бүхий технологи шаардлагатай.

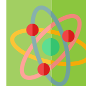
Дасгал

8. Нэгэн зоосон мөнгийг 97% Cu, 2.5% Sn, 0.5% Zn найрлагатай хайлшаар хийдэг. 3.0 г масстай зоосонд агуулагдах металлын массыг тооцоолно уу.

9. Cu металлыг цахилгааны утас, гуулийг цахилгааны залгуурын металл биеийг хийхэд тус тус хэрэглэдэг. а) Cu зөөлөн, уян чанартай металл. Түүнийг цахилгааны утас хийхэд хэрэглэдэг өөр ямар шалтгаан байх вэ? б) Зэсийн хүдрийн ил уурхайгаас маш том ангал нүх үүсдэг нь хүрээлэн буй орчинд ямар сөрөг нөлөө үзүүлэх вэ? в) Зэсийн хүдэрт агуулагдах CuS-ийг агаарын O_2-ийн орчинд халаахад $CuS + O_2 \rightarrow Cu + SO_2$ гэсэн урвал явагддаг. Энэ урвал явагдахад хүрээлэн буй орчинд ямар сөрөг нөлөө үзүүлэх вэ? г) Дэлхийн хүн амын тоо ихсэхийн хэрээр зэсийн хэрэглээ тасралтгүй өсөн нэмэгдсээр байгаа билээ. Энэ нь ирээдүйд ямар асуудал дагуулах вэ? Асуудлыг шийдвэрлэх арга замуудыг дурьдана уу.

Дэд бүлгийн дүгнэлт

- Металлын химийн урвалд орох чадварын үндсэн үзүүлэлт болсон металлын идэвхийн эгнээн дэх байрлалыг үндэслэн тухайн металлыг гарган авах арга, коррозоос хамгаалах аргыг тогтоодог.
- Металл, хайлшийн физикийн болон химийн шинж чанар нь бүрэлдүүлж буй атомуудын эрэмбэ, бүтцээс хамаарах бөгөөд хэрэглээний онцлог байдлыг тогтоох үзүүлэлт болдог.

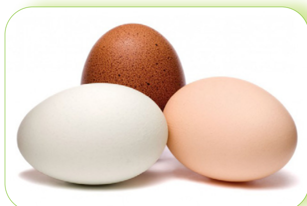


3.2. КАРБОНАТ

Түлхүүр үг. Шохойн чулууны байгалийн эргэлт, Түүхий шохой, Шохойн ус.

Манай дэлхийн агаарын найрлага, цаг агаар 4.5 тэрбум жилийн өмнө одоогийнхоос эрс ялгаатай байжээ. Мөн агаарын найрлага дахь нүүрсхүчлийн хийн концентрац 1000 дахин их байсан. Цаг хугацааны явцад агаар дахь нүүрсхүчлийн хий нь далайн усанд уусаж шохойн чулуу болон бусад кальцийн карбонат агуулсан эрдэс, чулуулгийг үүсгэсэн гэж үздэг.

Далайн усанд агаараас нүүрсхүчлийн хий ууссанаар кальцийн карбонат тундасжиж далайн хясааны ясан бүрхүүлийн найрлагыг бүрдүүлдэг.



Тахианы өндөгний ихэнх хувийг кальцийн карбонат эзэлдэг.

Баянхонгор аймагт хуучин зэвсгийн үеийн хүн амьдарч байсан "Цагаан агуй" нэртэй маш том шохойн чулуун агуй байдаг.

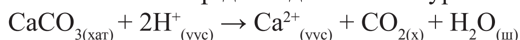
Шохойн чулууны шинж чанар

Шохойн чулуу нь 50%-аас их кальцийн карбонат агуулсан байхаас гадна бага зэрэг шавар (Al_2O_3), элс (SiO_2), доломит ($CaCO_3{\cdot}MgCO_3$), пирит (FeS_2), заримдаа гөлтгөнө ($CaSO_4{\cdot}2H_2O$) агуулна. Найрлагаасаа хамаарч ихэвчлэн цагаан байхаас гадна саарал, шаравтар, улаавтар, ногоовтор өнгөтэй 2.6-2.8 $г{\cdot}см^{-3}$ нягттай зөөлөн чулуулаг байдаг. Монгол оронд тархалтаараа кварц, хээрийн жоншны дараа гуравдугаарт орно.

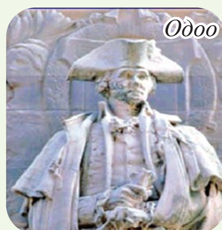
Зураг 3.2.1. Шохойн чулууны орд

Улаанбаатар хотоос Мянганы босоо тэнхлэгийн дагуу 100 км зайд орших Төв аймгийн Баян сумын Шанд худгийн бүс нутагт байрлах 2 сая тонн шохойн чулууны нөөцтэй орд газар байдаг байна.

Шохойн чулуу нь байгальд өргөн тархалттай, хямд өртөгтэй учраас эрт дээр үеэс барилгын материалын үндсэн түүхий эдээр ашиглаж байна. Дутагдалтай тал нь шохойн чулуу хүчилд тэсвэргүй шинж чанартай. Иймд эртний түүхэн дурсгалт барилга, байгууламж хүчиллэг бороонь нөлөөгөөр элэгдсэн байдаг. Энэ нь барилга байгууламжийн гадаад заслын шохойн чулууны найрлага дахь кальцийн карбонат хүчилтэй урвалд орж давс ба ус үүсгэсэнтэй холбоотой. Энэ үед явагдах химийн урвалын тэгшитгэлийг бичье.

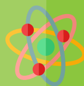


$$CaCO_{3(хат)} + 2H^{+}_{(уус)} \rightarrow Ca^{2+}_{(уус)} + CO_{2(х)} + H_2O_{(ш)}$$



Зураг 3.2.2. Жорж Вашингтоны хөшөөний элэгдэл

Тухайлбал: 1944 онд Нью-Йорк хотноо баригдсан АНУ-ын улс төрч, анхны ерөнхийлөгч Жорж Вашингтоны шохойн чулуун хөшөө хүчиллэг бороонь нөлөөгөөр элэгдсэн байдаг. Энэ нь шохойн чулуу хүчилд тэсвэргүй байдгийн жишээ юм.



Дасгал

1. Хэрвээ хөшөөний найрлагад магнийн сульфат агуулагдаж байвал хүчиллэг борооны нөлөөгөөр урвалд орох уу? Яагаад?
2. Монгол орны шохойн чулууны орд газар, тархац, хэрэглээний талаарх мэдээлэл цуглуулан ярилцаарай.

Шохойн чулууны эргэлт

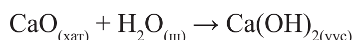
Байгаль дээр явагддаг химийн урвалын энгийн жишээний нэг нь шохойн чулууны эргэлт юм (Зураг 3.2.3). Мөн шохойн чулууны эргэлтэд кальцийн өөр нэгэн эрдэс доломит ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) оролцдог. Доломит нь 50% кальцийн карбонат, 40% магнийн карбонат, 10% бусад хольц агуулсан цагаан өнгөтэй чулуулаг юм.

Зураг 3.2.3. Шохойн чулууны эргэлт

1. Хүн төрөлхтөн 40000 жилийн өмнөөс шохойн чулууг шатааж, түүхий шохой гарган авч ашигладаг байжээ.

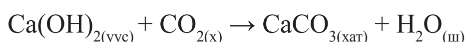
$$CaCO_{3(хат)} \rightarrow CaO_{(хат)} + CO_{2(х)}$$

2. Түүхий шохойн дээр ус нэмэхэд дулаан ялгарч, шохойн ус буюу болсон шохой үүснэ.

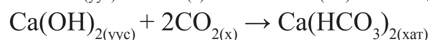


$$CaO_{(хат)} + H_2O_{(ш)} \rightarrow Ca(OH)_{2(уус)}$$

3. Шохойн ус нь цаг хугацааны явцад агаараас нүүрсхүчлийн хийг шингээж, кальцийн карбонат эсвэл гидрокарбонат үүсгэдэг байна. Энэ процессыг **карбонатжих** гэж нэрлэдэг.



$$Ca(OH)_{2(уус)} + CO_{2(х)} \rightarrow CaCO_{3(хат)} + H_2O_{(ш)}$$



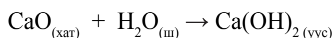
$$Ca(OH)_{2(уус)} + 2CO_{2(х)} \rightarrow Ca(HCO_3)_{2(хат)}$$

Туршилт

1. Шохойн чулууг 850-1100°C температурт халаахад түүхий шохой, нүүрсхүчлийн хий үүснэ.

$$CaCO_{3(хат)} \rightarrow CaO_{(хат)} + CO_{2\,(х)}$$

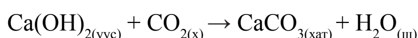
2. Түүхий шохойг хөргөөд усанд уусгахад идэмхий, өнгөгүй шохойн ус үүснэ.



$$CaO_{(хат)} + H_2O_{(ш)} \rightarrow Ca(OH)_{2\,(уус)}$$

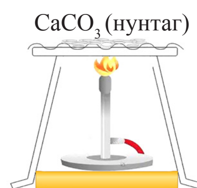
Шохойн ус руу универсал индикатор дүрэхэд хөх өнгөтэй болж суурилаг шинжийг үзүүлнэ.

3. Шүүсэн шохойн ус руу соруулаар үлээж нүүрсхүчлийн хийг нэвтрүүлэхэд кальцийн карбонатын цагаан тунадас үүсдэг.

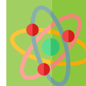


$$Ca(OH)_{2(уус)} + CO_{2(х)} \rightarrow CaCO_{3(хат)} + H_2O_{(ш)}$$

$CaCO_3$ (нунтаг)



Монголчууд шохойн чулуу шатаах аргыг эрт дээр үеэс одоог хүртэл олон аймаг сумдад хэрэглэсээр байгаагийн нэг нь Завхан аймгийн Алдархаан сум дахь байгалийн шохойн чулуу шатаах зуух юм (Зураг 3.2.4).



ШАТААХ

Газар нүх ухаж гал түлэх хэсгийн дээд талд шохойн чулууг гаднаас нь хумьж гэр хэлбэртэй бөмбийлгөн өрж аль болох завсар гаргалгүй шавраар шавна. Шатаах зуухыг 3 хоног тасралтгүй галладаг байна.

Шатаах зуухнаас гарсан түүхий шохойг 2-3 хоног хөргөнө. Түүхий шохойг барилгын материал үйлдвэрлэхэд хэрэглэнэ.

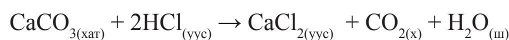
Зураг 3.2.4. Шохойн чулууг шатаах байгалийн зуух

Жишээ дасгал

1. Давсны хүчлийн 25 мл уусмал дээр 2.0 г кальцийн карбонат ($CaCO_3$) нэмж бүрэн урвалд оруулжээ. Давсны хүчлийн уусмалын молийн концентрацыг олно уу.

Бодолт

Урвалын тэгшитгэлийг бичнэ.



$$CaCO_{3(хат)} + 2HCl_{(уус)} \rightarrow CaCl_{2(уус)} + CO_{2(х)} + H_2O_{(ш)}$$

Кальцийн карбонатын молийг олно.

$$n(CaCO_3) = 2 \text{ г } CaCO_3 \cdot \frac{1 \text{ моль } CaCO_3}{100 \text{ г } CaCO_3} = 0.02 \text{ моль } CaCO_3$$

Урвалын стехиометрийн харьцаагаар урвалд орсон устөрөгчийн хлоридын молийг олно.

$$n(HCl) = 0.02 \text{ моль } CaCO_3 \cdot \frac{2 \text{ моль } HCl}{1 \text{ моль } CaCO_3} = 0.04 \text{ моль } HCl$$

Давсны хүчлийн уусмалын молийн концентрацыг олно.

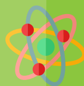
$$M = \frac{0.04 \text{ моль } HCl}{25 \text{ мл } HCl} \cdot \frac{1000 \text{ мл}}{1 \text{ л}} = 1.6 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$$

Асуулт

1. Кальцийн түгээмэл эрдэс болох шохойн чулуу, доломитийн алинд нь кальцийн карбонатын агуулга их байх вэ?
2. Яагаад шохойн чулууг шатаахад үүссэн түүхий шохойг усанд уусгахын өмнө сайн хөргөх шаардлагатай вэ?
3. 2 тонн шохойн чулууг шатаахад 0.88 тонн түүхий шохой үүссэн бол шохойн чулуун дахь кальцийн карбонатын эзлэх массын хувийг олоорой.

Шохойн чулууны хэрэглээ

Орчин үед шохойн чулууг барилгын материал үйлдвэрлэл, бохирдлыг бууруулах гэсэн хоёр чиглэлээр түгээмэл хэрэглэж байна. Барилгын үндсэн материал төмөр, ган, цемент, бетон, шаваас (замаска) зэргийг үйлдвэрлэхэд үндсэн түүхий эд болдог. Орчны бохирдлыг бууруулахад саармагжуулагч болгон хэрэглэдэг. Үүнээс гадна шохойн чулууг шил, эм, оонд нэмэлт бодис, тахианы өндөгний хальсыг бат бэх болгох зорилгоор хоол, тэжээлд нь нунтаглан нэмж өгдөг.



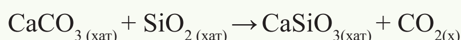
Цемент, шохойн үйлдвэр. Шохойн чулууг барилгын дотор, гадна талын засал хийх, өө сэв дарж, тэгшилгээ, өнгөлгөө хийхэд зориулсан замаска үйлдвэрлэхэд нунтаглан дүүргэгч болгон хэрэглэдэг. Технологийн шаардлага, материалын онцлогоос хамааран төмөр бетон, тоосго, шавардсан модон гадаргуу болон бусад гадаргуунд зориулсан замаскны орц, найрлага ялгаатай.

Сүүлийн үед цементийн үйлдвэрүүд хүрээлэн буй орчинд ээлтэй, тоосжилт болон хүлэмжийн хийн ялгаруулалт бага, цахилгаан эрчим хүч, ус, нүүрсний зарцуулалтыг 2-4 дахин багасгах боломжтой дэвшилтэт технологи болох хуурай аргыг өргөн ашиглаж байна (Зураг 3.2.5).

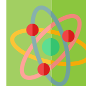
Зураг 3.2.5. Портланд цемент үйлдвэрлэх хуурай арга

Цементийн найрлагад үндсэн түүхий эд болох шохойн чулуу 60-66% байдаг. Тохируулагч түүхий эдэд цементийн бат бэхийг сайжруулагч цахиур (IV)-ын оксид (SiO_2) 17-25%, бэхжилтийг хурдасгагч хөнгөнцагааны оксид (Al_2O_3) 3-8%, барьцалдах хугацааг тохируулагч гөлтгөнө буюу гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) 5-8%, бат бэхийг нэмэгдүүлэгч төмрийн оксид (Fe_2O_3) 2-6% хүртэл хэмжээгээр агуулагддаг.

Төмрийн үйлдвэр. Барилга байгууламж барихад зориулагдсан төмөр болон ган үйлдвэрлэлд шохойн чулууг дам аргаар түгээмэл ашигладаг. Төмрийн үйлдвэрт төмрийн хүдэр дэх цахиурын оксидыг зайлуулах зорилгоор ашигладаг болохыг металл сэдвээр дэлгэрэнгүй үзсэн.



$$CaCO_{3\,(хат)} + SiO_{2\,(хат)} \rightarrow CaSiO_{3(хат)} + CO_{2(х)}$$

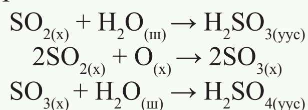


Хүрээлэн буй орчны бохирдлыг бууруулах

Үйлдвэрийн яндангийн утаан дахь хүхэр (IV)-ийн оксидыг зайлуулах. Агаарын бохирдлын гол эх үүсвэр дулааны цахилгаан станц, үйлдвэрийн яндангийн утаан дахь хүчиллэг, хортой хий болох хүхэр (IV)-ийн оксидыг зайлуулах хэд хэдэн аргууд байдаг. Үүнд:

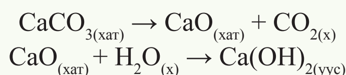
1. Хүхрийн агуулга багатай нүүрсийг хэрэглэх
2. Нүүрсийг хэрэглэхийн өмнө хүхрийг цэвэрлэх
3. Үйлдвэрийн утаан дахь хүхэр (IV)-ийн оксидыг шохойн чулуугаар саармагжуулах

Эдгээрээс гурав дахь аргыг түгээмэл ашигладаг. Яндангийн дээд талаас нойтон шохойн чулуугаар хүхэр (IV)-ийн оксидоор бохирдсон утаа руу шүршинэ. Энэ үед хүхэр (IV)-ийн оксид нь устай урвалд орж хүхэрт хүчил эсвэл хүчилтөрөгчийн оролцоотой устай урвалд орж хүхрийн хүчил үүснэ.



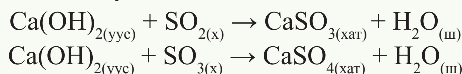
$$SO_{2(х)} + H_2O_{(ш)} \rightarrow H_2SO_{3(уус)}$$
$$2SO_{2(х)} + O_{(х)} \rightarrow 2SO_{3(х)}$$
$$SO_{3(х)} + H_2O_{(ш)} \rightarrow H_2SO_{4(уус)}$$

Мөн шохойн чулууны задралаар үүссэн түүхий шохой усныууртай харилцан үйлчлэж шохойн усыг үүсгэдэг.



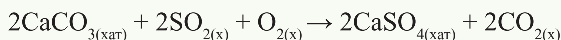
$$CaCO_{3(хат)} \rightarrow CaO_{(хат)} + CO_{2(х)}$$
$$CaO_{(хат)} + H_2O_{(х)} \rightarrow Ca(OH)_{2(уус)}$$

Хүчиллэгжсэн утаа шохойн устай харилцан үйлчилж усанд уусдаггүй кальцийн сульфит, сульфат үүсгэж доош тунадаг.



$$Ca(OH)_{2(уус)} + SO_{2(х)} \rightarrow CaSO_{3(хат)} + H_2O_{(ш)}$$
$$Ca(OH)_{2(уус)} + SO_{3(х)} \rightarrow CaSO_{4(хат)} + H_2O_{(ш)}$$

Яндан дотор хүхэр (IV)-ийн оксидоор бохирдсон утааг саармагжуулахад явагдсан урвалыг нэгтгэн бичье.

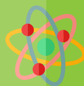


$$2CaCO_{3(хат)} + 2SO_{2(х)} + O_{2(х)} \rightarrow 2CaSO_{4(хат)} + 2CO_{2(х)}$$

Энэ арга нь бусад аргуудыг бодвол хямд боловч тунасан кальцийн сульфатыг зайлуулахад нэмэлт зардал гардаг. Тунасан кальцийн сульфат нь гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) болж хувирдаг учраас өндөр хөгжилтэй орнууд түгээмэл ашигладаг. Энэ арга (Зураг 3.2.6)-ыг хэрэглэснээр дулааны цахилгаан станцын яндангийн утаанаас ялгарах агаарыг бохирдуулагч хүхэр (IV)-ийн оксидын хэмжээ эрс буурч хүчиллэг бороо, төрөл бүрийн амьсгалын замын өвчин үүсэхээс сэргийлдэг.

Зураг 3.2.6. Үйлдвэрийн яндангийн утаан дах үүсэх хүхэр (IV)-ийн оксидыг шохойн чулуугаар саармагжуулах бүдүүвч

Хөрсний бохирдлыг бууруулах. Эрт дээр үеэс хөдөө аж ахуйд шохойн чулууг шатааж гарган авсан түүхий шохой (CaO)-г үржил шимгүй, хүчиллэг болж бохирдсон хөрсийг саармагжуулж шим тэжээлтэй хөрс бий болгоход хэрэглэсээр ирсэн. Ингэснээр шохой чулуу нь борооны усанд уусаж, хөрсөн дэх хүчилтэй урвалд орж саармагжин үржил шимтэй ургамал ургахад тохиромжтой орчин бүрдүүлдэг.



Мөн хөдөө аж ахуйд жилийн дөрвөн улиралд ургац авахын тулд хүлэмжинд ногоо тарьдаг бөгөөд хүлэмжийн хөрсөнд шохойн чулуу нэмж бэлтгэдэг.

Усны бохирдлыг бууруулах. Химийн бодис, хүчиллэг борооны нөлөөгөөр бохирдсон гол, нуур болон ундны усыг цэвэрлэхэд шохойн чулуу эсвэл түүхий шохойгоор саармагжуулах аргыг өргөн хэрэглэдэг. Шохойн чулуугаар гол, нуур, ундны усны орчныг саармагжуулах, ууссан хүнд металлын агуулгыг багасгах, усны хатуулгийг бууруулах гэх мэт усны бохирдлыг бууруулахад ашигладаг.

Дасгал

3. Дулааны цахилгаан станцын утаан дахь хий байдалтай хүхэр (IV)-ийн оксидыг зайлуулахгүй бол ямар сөрөг нөлөө үзүүлэх вэ?
4. Түүхий шохойг хөдөө аж ахуйд шим тэжээлгүй хүчиллэг хөрсийг саармагжуулахад хэрэглэдэг. Энэ үед дараах урвал явагддаг бол байгальд ямар эрсдэл үүсч болох вэ?

$$CaO_{(хат)} + H_2O_{(ш)} \rightarrow Ca(OH)_{2(уус)} \qquad \Delta H=-65.2 \text{ кЖ·моль}^{-1}$$

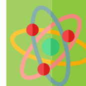
5. Улаанбаатарын нэг айл өвөл өдөрт 25 кг нүүрс түлдэг гэж үзвэл агаарт хичнээн кг хүхэр (IV)-ийн оксид үүсэх вэ? Хэчнээн кг шохойн чулуу (массын 95%-ийг кальцийн карбонат эзэлдэг)-аар саармагжуулж болох вэ? Нүүрсэн дэх хүхрийн агуулгыг 1.6% гэж үзнэ.

Дадлага ажил

1. Яагаад Улаанбаатар хотын агаарын бохирдол өвлийн улиралд их байдаг вэ? Түүнд агуулагдах хүхэр (IV)-ийн оксидийг ямар аргаар зайлуулж болох вэ?
2. Монголын цементийн үйлдвэрийн түүхий эд болох шохойн чулууны орд, нөөцийн тухай мэдээллийг бусад эх сурвалж ашиглан хэлэлцэнэ үү.

Дэд бүлгийн дүгнэлт

- Шохойн чулуу нь байгальд өргөн тархалттай, үнэ хямд учраас барилгын үндсэн материал төмөр, цемент, шохой, замаска үйлдвэрлэхэд үндсэн түүхий эдээр өргөн ашигладаг.
- Кальцийн нэгдлүүд (CaO, $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$)-ийн суурилаг шинжид үндэслэн хүрээлэн буй орчны бохирдлыг бууруулахын тулд хүчиллэг болж бохирдсон хөрс, агаар, усыг саармагжуулахад ашиглаж байна.



3.3. ХҮХЭР

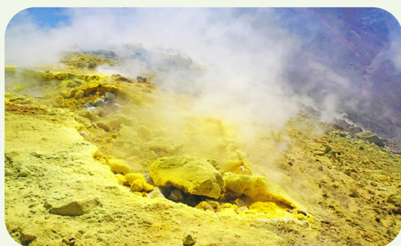
Түлхүүр үг: Фрешийн процесс, Контактын арга.

Хүхрийг гарган авах арга

Хүхрийн байгальд орших. Хүхэр эртний 9 элементийн нэг юм. Байгаль дээр дангаараа болон эрдсийн байдлаар тохиолддог (Зураг 3.3.1). Үүнд: халькопирит ($CuFeS_2$), төмрийн колчедан буюу пирит (FeS_2), цайрын хуурмаг (ZnS), хартугалганы гялтгана (PbS), шунх (HgS) гэх мэт орно. Мөн байгалийн хий, газрын тос, халуун рашаан, шаврын найрлагад хүхэр болон түүний нэгдлүүд агуулагддаг. Хүхрийн 18 изотопоос ^{32}S (95.02%), ^{33}S (0.75%), ^{34}S (4.21%), ба ^{36}S (0.02%) гэсэн дөрвөн изотоп байгальд тогтвортой оршдог.

Байгаль дээрх хүхрийн орд

Хүхэр байгаль дээр элемент байдлаар орших ба Польш, Орос, АНУ-д орд газар байдаг.



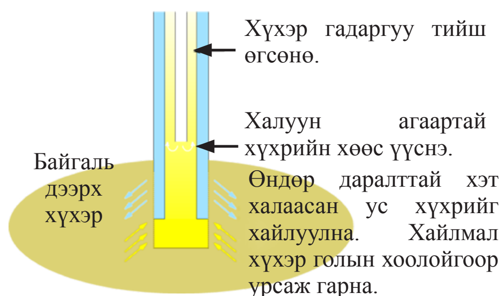
Хүхэр байгаль дээр халькопирит, пирит зэрэг сульфидын эрдсийн хэлбэрээр оршдог. Жишээ болгон манай орны Эрдэнэт, Оюутолгойн орд газрыг нэрлэж болно.

Халькопирит ($CuFeS_2$)

Пирит (FeS_2)

Зураг 3.3.1. Хүхрийн байгальд орших хэлбэр

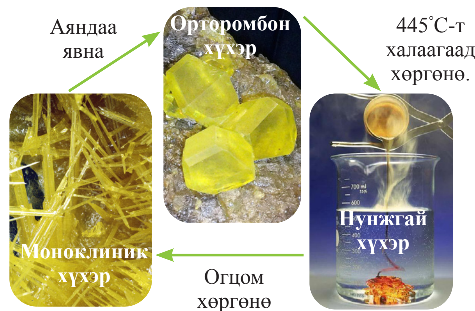
Хүхрийг гарган авах. Газрын гүнээс хүхрийг гарган авах аргыг Фрешийн процесс гэх ба Америкийн химич Герман Фреш 1894 онд нээсэн. Энэ аргаар газрын гүнд байгаа хүхрийн ордоос хоолойгоор дамжуулан 170°C температурт халуун ус, халуун агаарын тусламжтайгаар хүхрийг хайлуулан гарган авдаг (Зураг 3.3.2). Ингэж гарган авсан хүхэр 99.5% цэвэршлийн зэрэгтэй байдаг учраас шууд хэрэглэж болдог.



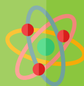
Зураг 3.3.2. Фрешийн процесс

Хүхрийн шинж чанар ба хэрэглээ

Шинж чанар. Хүхэр нь 8 атомаас тогтсон цагираг бүтэцтэй. Эдгээр 8 атом нэг хавтгай дээр оршдоггүй, хоорондоо хэрхэн холбогдсоноос хамаарч 3 янзын дүрс хувирал үүсгэдэг. Тасалгааны температурт нунжгай ба моноклин хүхэр тогтворгүй бөгөөд аяндаа ортромбон хүхэр болж хувирдаг (Зураг 3.3.3).

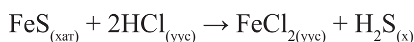


Зураг 3.3.3. Хүхрийн аллотропи дүрс хувирал

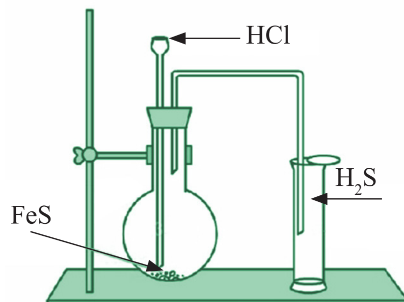


Орторомбон хүхэр шар өнгөтэй, хатуу талст, усанд уусдаггүй, хайлах цэг 110℃, нягт 2.07 г·см$^{-3}$. ***Нунжгай хүхэр*** хүрэн өнгөтэй, усанд уусдаггүй. ***Моноклин хүхэр*** цайвар шар өнгөтэй, зүү хэлбэртэй, усанд уусдаггүй, хайлах цэг 119˚С, нягт 1.98 г·см$^{-3}$ байдаг.

Хүхэр -2, 0, +4, +6 гэсэн исэлдэхүйн хэмийг үзүүлдэг идэвхтэй металл биш элемент. Металл болон зарим металл бишүүдтэй нэгдэж сульфид үүсгэдэг. Ихэнх сульфидууд усанд уусдаггүй, өнгөтэй тунадас үүсгэдэг учир зарим катионуудыг танихад чанарын урвал болгон хэрэглэдэг.
Лабораторид төмөр (II)-ийн сульфидийг давсны хүчлийн уусмалаар үйлчилж ялзарсан өндөгний үнэртэй, хүчиллэг шинжтэй устөрөгчийн сульфидийг гарган авдаг (Зураг 3.3.4).



$$FeS_{(хат)} + 2HCl_{(уус)} \rightarrow FeCl_{2(уус)} + H_2S_{(х)}$$



Зураг 3.3.4. Лабораторид устөрөгчийн сульфид хийг гарган авах багаж

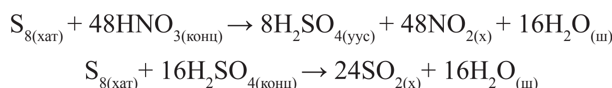
Хар өнгийн зэсийн сульфид (CuS)

Шар өнгийн кадмийн сульфид (CdS)

Хар өнгөтэй хартугалганы сульфид (PbS)

Зураг 3.3.5. Устөрөгчийн сульфидын уусмалыг ашиглан металлын ионыг таних чанарын урвал

Хүхэр концентрацтай азотын ба хүхрийн хүчилтэй харилцан үйлчилж исэлдэх-ангижрах урвалд ордог.



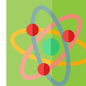
$$S_{8(хат)} + 48HNO_{3(конц)} \rightarrow 8H_2SO_{4(уус)} + 48NO_{2(х)} + 16H_2O_{(ш)}$$

$$S_{8(хат)} + 16H_2SO_{4(конц)} \rightarrow 24SO_{2(х)} + 16H_2O_{(ш)}$$

Асуулт

1. Устөрөгчийн сульфид үүссэнийг хэрхэн таних вэ?
2. Яагаад хийг дээш харсан саванд хураан авсан бэ?
3. Хүхрийн -2, +4, +6 исэлдэхүйн хэмтэй нэгдлүүдийн цэг хэрээсэн томьёог бичиж ямар химийн холбоогоор холбогдсон болохыг тодорхойлно уу.
4. Устөрөгчийн сульфид шатамхай хий. 300℃ хүртэл халаахад агаарт хоёр янзаар шатдаг. Хүчилтөрөгч хангалттай үед хүхэр (IV)-ийн оксид, хүчилтөрөгч дутагдалтай үед хүхэр үүсгэж шатдаг. Холбогдох урвалын тэгшитгэлийг бичээрэй.
5. Музейд байгаа зарим зургууд удах тусмаа харладаг нь устөрөгчийн сульфидаас болдог ажээ. Зургуудыг ямар металл агуулсан будгаар зурсан вэ?

Хүхрийн хэрэглээ. Хүхрийг эртний Грек болон Ромд бактерийг устгах зорилгоор өөрсдийн амьдардаг орон сууцандаа шатааж ариутгал хийдэг байжээ. Хүхрийн шатамхай чанар, ариутгах чанарт үндэслэн хөдөө аж ахуй, анагаах ухаан, химийн үйлдвэрт ариутгал, эмчилгээний бодис, түүхий эд болгох зэрэг олон зорилгоор хэрэглэдэг (Зураг 3.3.6).



Хүхрийн хүчлийн үйлдвэрлэлд

Хар дарь, чүдэнзний үйлдвэрлэлд

Хүхрийг байгалийн ба нийлэг каучуктай хольж S-S холбоо бүхий бат бөх резин гарган авахад

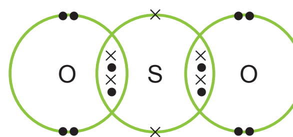
Анагаах ухаанд хамуу өвчнийг үүсгэгч хамууны хачгийг устгах тосон түрхлэг, хөдөө аж ахуйн хортон шавж устгахад

Зураг 3.3.6. Хүхрийн хэрэглээ

Дасгал

1. Устөрөгчийн сульфидийг металлын катионыг таниход хэрэглэдэг. Зэсийн ион, хартугалганы ион хоёулаа хар өнгөтэй сульфидийн тунадас үүсгэдэг бол энэ хоёр катионыг хэрхэн ялган таних вэ?
2. Хүхрээс зэсийн болон хартугалганы сульфид үүсэх урвалд хүхэр исэлдүүлэгч ба ангижруулагч шинжийн алиныг нь үзүүлэх вэ?
3. 0.1 моль төмөр (II)-ийн сульфидийг 36.5 г устөрөгчийн хлорид агуулсан уусмалаар үйлчлэхэд стандарт температур, даралтад хэчнээн эзлэхүүн ямар хий ялгарах вэ?

Хүхэр (IV)-ийн оксид

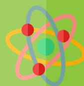


Хүхэр (IV)-ийн оксид өвөрмөц хурц үнэртэй, өнгөгүй, усанд сайн уусдаг хий, исэлдүүлэгч чанартай учир хүчтэй цайруулах үйлчилгээ үзүүлдэг. Энэ шинжид үндэслэн цаасны үйлдвэрт цайруулагчаар хэрэглэдэг. Хүхэр (IV)-ийн оксид болон сульфитууд микробын эсрэг үйлчилгээтэй учир антиоксидант (исэлдэж муудахаас сэргийлдэг бодис) болгон удаан хугацааны туршид нөөшлөгч бодисоор хэрэглэж ирсэн. Ромын эзэнт гүрний үеэс дарсанд нөөшлөгч бодис болгон хэрэглэж байжээ.

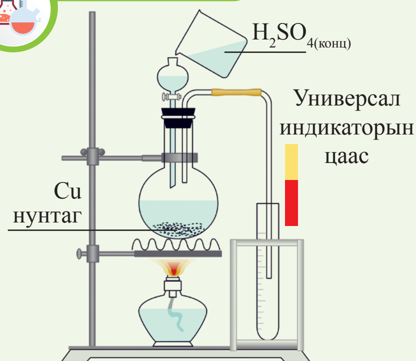
Хүхэр (IV)-ийн оксидын хүнсэнд агуулагдах агууламж 200-500 мкг·мл$^{-1}$ болоход бүтээгдэхүүнд тааламжгүй амт үүсгэдэг. Хүнсний бүтээгдэхүүний сульфидууд (нөөшлөгчид) E220-228 кодтой тэмдэглэгддэг (Хүснэгт 3.3.1). Хүхэр (IV)-ийн оксидыг хүхрийн хүчил, сульфитуудыг гарган авахад хэрэглэдэг.

Хүснэгт 3.3.1. Хүнсний нөөшлөгчийн E код

E220	Хүхэр (IV)-ийн оксид	SO_2
E221	Натрийн сульфит	Na_2SO_3
E222	Натрийн гидросульфит	$NaHSO_3$
E223	Натрийн пиросульфит	$Na_2S_2O_5$
E224	Калийн пиросульфит	$K_2S_2O_5$
E225	Калийн сульфит	K_2SO_3
E226	Кальцийн сульфит	$CaSO_3$
E227	Кальцийн гидросульфит	$Ca(HSO_3)_2$
E228	Калийн гидросульфит	$KHSO_3$



Туршилт



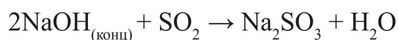
Зураг 3.3.7. Хүхэр (IV)-ийн оксид гарган авах багаж

Нунтаг зэс дээр концентрацтай хүхрийн хүчил нэмж халаахад зэсийн сульфат, хүхэр (IV)-ийн оксид, ус үүсдэг.

$Cu_{(хат)} + 2H_2SO_{4(конц)} \rightarrow CuSO_{4(уус)} + SO_{2(х)} + 2H_2O_{(ш)}$

Үүссэн хүхрийн оксид руу усаар норгосон универсал индикаторыг ойртуулахад улаан өнгөтэй болдог. Энэ нь хүхэр (IV)-ийн оксид хүчлийн оксид болохыг илтгэж байна.

Хүхэр (IV)-ийн оксид натрийн гидроксидтой харилцан үйлчлэхдээ концентрацаас хамаарч дундын ба хүчиллэг давс үүсгэдэг.



$2NaOH_{(конц)} + SO_2 \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$

натрийн сульфит
(дундын давс)

$NaOH_{(сул)} + SO_2 \rightarrow NaHSO_3$

натрийн гидросульфит
(хүчиллэг давс)

Хүхэр (IV)-ийн оксид түлшний шаталт, галт уулын дэлбэрэлтээс үүсдэг. Хүлцэх агууламжаас давахад агаарыг бохирдуулагч гэж тооцдог.

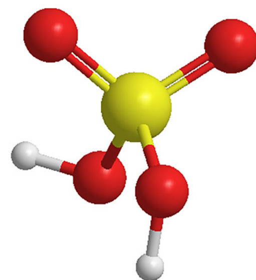
Дасгал

4. Стандарт нөхцөлд 74.4 л хүхэр (IV)-ийн оксидын тоо хэмжээг олоорой.
5. 164 г масстай хүхэрт хүчлийг концентрацтай натрийн гидроксидоор үйлчлэхэд хэчнээн моль натрийн сульфит үүсэх вэ?
6. 30 г төмрийг 16 г хүхэртэй нэгдүүлэхэд үүсэх төмөр (II)-ийн сульфидийн массыг олоорой.
7. Устөрөгчийн сульфидийн найрлагад агуулагдах элемент тус бүрийн эзлэх хувийг тооцоолно уу.
8. Хүхэр (IV)-ийн оксид яагаад агаарын бохирдуулагч болдог вэ? Байгаль, хүний амьдралд үзүүлэх эерэг, сөрөг нөлөөллийн талаар ярилцаарай.

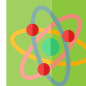
Хүхрийн хүчил

Цэвэр хүхрийн хүчил өнгөгүй, тосорхог шингэн. 96% (масс)-ийн хүхрийн хүчил 1.83 г·см$^{-3}$ нягттай, 230°C температурт буцалдаг, устай ямар ч харьцаагаар холилддог. Эрдсийн хүчлүүдийн дотроос хүхрийн хүчил хамгийн их үйлдвэрлэгддэг.

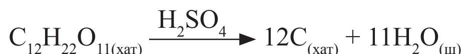
2018 оны байдлаар дэлхийд жилдээ 270 гаруй сая тонн хүхрийн хүчил үйлдвэрлэж байгаагийн дийлэнх хувийг бордооны үйлдвэрлэлд хэрэглэж байна. Түүнчлэн ахуйн хэрэглээний бодис (эм бэлдмэл, батарей, угаагч бодис, мяндас, хиймэл торго), хөдөө аж ахуй (хортон шавж устгагч, бордоо), уул уурхай (металл боловсруулах, газрын тосыг цэвэршүүлэх)-д түгээмэл хэрэглэгддэг. Концентрацтай хүхрийн хүчил агаараас чийг шингээх чанартай тул хийг цэвэрлэгч хатаагч болгон хэрэглэдэг.



Хүхрийн хүчлийн молекулд 2 ширхэг O-H, 2 ширхэг S-O, 2 ширхэг S=O гэсэн холбоо байдаг.



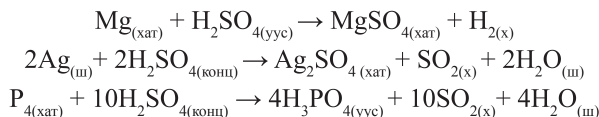
Концентрацтай хүхрийн хүчил сахарыг усгүйжүүлдэг.



$$C_{12}H_{22}O_{11(хат)} \xrightarrow{H_2SO_4} 12C_{(хат)} + 11H_2O_{(ш)}$$

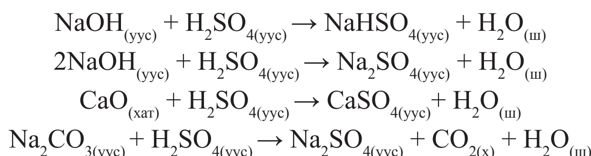
Мөн ердийн нөхцөлд төмөртэй урвалд ордоггүй учир ган саванд хадгалж, тээвэрлэдэг.

Шингэрүүлсэн хүхрийн хүчил металлын идэвхийн эгнээнд устөрөгчөөс өмнө байрлах металлуудтай урвалд орж, давс үүсгээд устөрөгчийг ялгаруулдаг.



$$Mg_{(хат)} + H_2SO_{4(уус)} \rightarrow MgSO_{4(хат)} + H_{2(х)}$$
$$2Ag_{(ш)} + 2H_2SO_{4(конц)} \rightarrow Ag_2SO_{4\ (хат)} + SO_{2(х)} + 2H_2O_{(ш)}$$
$$P_{4(хат)} + 10H_2SO_{4(конц)} \rightarrow 4H_3PO_{4(уус)} + 10SO_{2(х)} + 4H_2O_{(ш)}$$

Шингэрүүлсэн хүхрийн хүчил металл, суурь, суурийн оксид, давстай урвалд ордог.



$$NaOH_{(уус)} + H_2SO_{4(уус)} \rightarrow NaHSO_{4(уус)} + H_2O_{(ш)}$$
$$2NaOH_{(уус)} + H_2SO_{4(уус)} \rightarrow Na_2SO_{4(уус)} + H_2O_{(ш)}$$
$$CaO_{(хат)} + H_2SO_{4(уус)} \rightarrow CaSO_{4(уус)} + H_2O_{(ш)}$$
$$Na_2CO_{3(уус)} + H_2SO_{4(уус)} \rightarrow Na_2SO_{4(уус)} + CO_{2(х)} + H_2O_{(ш)}$$

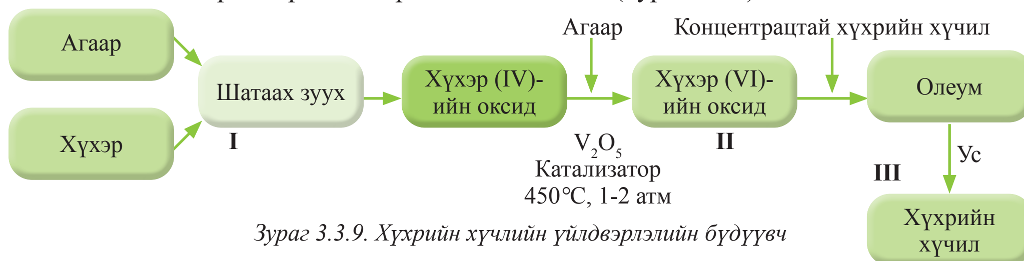
Зураг 3.3.8. Концентрацтай хүхрийн хүчлээр сахарыг усгүйжүүлэх туршилт

Хүхрийн хүчлийн үйлдвэрлэл. Хүхрийн хүчлийг үйлдвэрт гарган авах 2 арга байдаг.

1. Хүхэр (IV)-ийн оксидыг азотын оксидоор исэлдүүлэх нитрозын арга
2. Ванадын оксид зэрэг хатуу катализаторын гадаргуу дээр исэлдүүлэх контактын арга

Контактын арга

Хүхрийн хүчил гарган авах Контактын арга болон үйлдвэрлэлийн үндсэн нөхцөлтэй танилцъя. Үйлдвэрлэх процесс 3 үе шаттай явагддаг (Зураг 3.3.9).

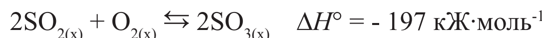


Зураг 3.3.9. Хүхрийн хүчлийн үйлдвэрлэлийн бүдүүвч

I-шат. Хүхрийг шатааж, хүхэр (IV)-ийн оксидыг гарган авна.

$$S_{8(хат)} + 8O_{2(х)} \rightarrow 8SO_{2(х)}$$

II-шат. Хүхэр (IV)-ийн оксидыг исэлдүүлж, хүхэр (VI)-ийн оксидыг гарган авна.

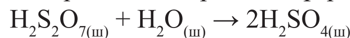


$$2SO_{2(х)} + O_{2(х)} \leftrightarrows 2SO_{3(х)} \quad \Delta H° = -197\ кЖ\cdot моль^{-1}$$

III-шат. Хүхэр (VI)-ийн оксидыг концентрацтай хүхрийн хүчилд шингээж, олеумыг үүсгэдэг. Хүхрийн хүчил дэх SO_3-ийн уусмалыг **олеум** гэнэ.

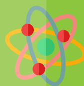
$$SO_{3(х)} + H_2SO_{4(ш)} \rightarrow H_2S_2O_{7(ш)}$$

Олеумыг усаар шингэлж, ямар ч концентрацтай хүхрийн хүчлийн уусмалыг гарган авч болдог.



$$H_2S_2O_{7(ш)} + H_2O_{(ш)} \rightarrow 2H_2SO_{4(ш)}$$

Бид үйлдвэрт аль болох хямд зардлаар бүтээгдэхүүний гарцыг нэмэгдүүлэх, байгаль орчинд ээлтэй технологийг сонгох ёстой. Урвалын хурдыг нэмэгдүүлэхийн тулд урвалд орж буй бодисын концентрац, гадаргуугийн талбайг ихэсгэх, орчны температурыг



нэмэгдүүлж, катализатор хэрэглэх зэргээр нөхцөлийг өөрчилдөг. II шатанд хүхэр (IV)-ийн оксидоос хүхэр (VI)-ийн оксидыг гарган авах урвал нь эргэх урвал бөгөөд экзотермийн урвал юм. Иймээс аль болох богино хугацаанд бүтээгдэхүүнийг их гарцтайгаар гарган авахын тулд дараах зүйлсийг анхаарах хэрэгтэй. Үүнд:

А. V_2O_5-ийн катализатор хэрэглэснээр шулуун ба буцах урвалын хурд нэмэгдэж, тэнцвэр хурдан тогтох ба бүтээгдэхүүний гарцад нөлөөлөхгүй. Катализатор нь түүхий эд, энергийн зарцуулалтыг хэмнэж, химийн тэнцвэр тогтоох хугацааг хурдасгана.

Б. Химийн тэнцвэр тогтсон системд температурыг ихэсгэхэд тэнцвэр буцах урвалын чиглэлд шилжих учраас температурыг бууруулах замаар тэнцвэрийг шулуун урвалын чиглэлд шилжүүлж, бүтээгдэхүүний гарцыг нэмэгдүүлдэг. Иймд температурыг 450°C-аар сонгодог.

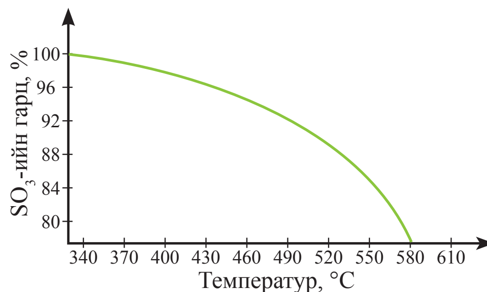
В. Дээрх химийн тэнцвэр тогтсон системд даралтыг ихэсгэвэл хий төлөвт байгаа бодисын моль буурах буюу шулуун урвалын чиглэлд тэнцвэр шилжинэ. Гэвч өндөр даралтыг үүсгэх техник тоног төхөөрөмжийн боломж, аюулгүй ажиллагаа, бусад материалын зардал нэмэгддэг учраас даралтыг 1-2 атм байхаар тохируулдаг.

Урвалаас ялгарч байгаа дулаан хийг халаахад зарцуулагддаг тул эдийн засгийн хувьд хэмнэлттэй байдаг. Ийнхүү үйлдвэрлэлийн хамгийн тохиромжтой нөхцөлийг сонгож бүтээгдэхүүний гарцыг нэмэгдүүлж, хямд өртөгтэй бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэдэг.

Дасгал

9. Хүхрийн хүчлийг үйлдвэрт их хэмжээгээр үйлдвэрлэх хэрэгтэй юу? Яагаад?

10. Контактын аргаар хүхрийн хүчил үйлдвэрлэх процессын SO_3 үүсэх гарц ба температурын хамаарлын графикаас а) SO_3-ийн гарц температураас хэрхэн хамаарч байгааг илрүүлж, шалтгааныг тайлбарлана уу. б) Гарц хамгийн өндөр байх тохиромжтой температурыг сонгож тайлбарлана уу.



Зураг 3.3.10. SO_3-ийн гарц температураас хамаарах хамаарал

11. 11.2 г масстай төмрийг илүүдэл хүхэртэй хольж холимог бэлтгэжээ. Үүссэн холимогт 13.2 г төмөр (II)-ийн сульфид байгааг илрүүлсэн бол энэ урвалын бүтээгдэхүүний гарцыг олоорой.

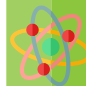
12. Хүхрийн хүчлийн үйлдвэрийн байгаль орчинд үзүүлэх нөлөө, сөрөг нөлөөг бууруулах арга замыг санал болгоно уу.

13. 60 г хүхрийн хүчлийг 40 г натрийн шүлттэй харилцан үйлчлүүлэхэд хэчнээн моль ямар давснууд үүсэх вэ?

14. Яагаад хүхрийн хүчил гарган авах Контактын процессод катализатор хэрэглэдэг вэ? Хариултаа үндэслэлтэй тайлбарлана уу

Дэд бүлгийн дүгнэлт

- Хүхрийн зарим нэгдлүүд нь бактерийн эсрэг үйлчилгээтэй бодисууд учир антиоксидант нөөшлөгч болгон хэрэглэдэг.
- Химийн бодисын үйлдвэрт бүтээгдэхүүн бодисын гарцыг нэмэгдүүлэхийн тулд тохиромжтой нөхцөлийг сонгож, байгаль экологид таатайгаар удирдах боломжтой.



ӨӨРИЙГӨӨ ҮНЭЛЭЭРЭЙ

Нэг сонголтот даалгавар

1. Зарим металлын оксидуудыг халаах замаар металлыг гарган авдаг. Ямар металлыг оксидыг нь халаах замаар гарган авдаг вэ?
   А. Кальцийн оксид Б. Зэсийн оксид
   В. Цайрын оксид Г. Мөнгөний оксид
2. Нэгэн металлыг түүний хүдрийг нь нүүрстөрөгчтэй хольж халаах замаар гарган авдаг. Энэ металл металлын идэвхийн эгнээнд ямар металлуудын дунд байрладаг вэ?
   А. Цайр ба магни Б. Магни ба кали В. Цайр ба зэс Г. Зэс ба алт
3. Хөнгөнцагааны оксидоос ямар аргаар хөнгөнцагааныг гарган авдаг вэ?
   А. Электролизоор Б. Нүүрстөрөгчтэй цуг халаах
   В. Халаах Г. Нүүрстөрөгч (II)-ийн оксидтой халаах
4. Аль тохиолдолд химийн урвал явагдах вэ?
   А. $Fe + MgSO_{4(уус)}$ Б. $Fe + Na_2CO_{3(уус)}$
   В. $Fe + AgNO_{3(уус)}$ Г. $Fe + FeCl_{2(уус)}$
5. Сурагч металлын идэвхийг харьцуулах зорилгоор багц туршилт хийн хүснэгтэд үр дүнгээ нэгтгэжээ. Металлуудын идэвхийг өсөх дараалаар байрлуулна уу.
   А. X Y Z Б. Y X Z
   В. Z Y X Г. Z X Y

Металл	Химийн урвал	
	Сулруулсан хүчил	Ус
X	Урвалд орно	Урвалд орохгүй
Y	Урвалд орохгүй	Урвалд орохгүй
Z	Урвалд орно	Урвалд орно

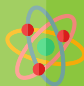
6. $^{33}_{16}S$ гэсэн изотопын атомын цөм дэх нейтроны тоо хэд байх вэ?
   А. 16 Б. 17 В. 33 Г. 32
7. $1s^22s^22p^63s^23p^6$ гэсэн электронт бүтэцтэй ионы химийн тэмдгийг заана уу.
   А. P^{5+} Б. Mg^{2+} В. F^- Г. S^{2-}
8. Хоёр хоёрлосон холбоо агуулсан молекул аль нь вэ?
   А. H_2S Б. FeS В. SO_2 Г. SO_3
9. Кальцийн карбонат дахь кальцийн массын хувь хэд вэ?
   А. 12% Б. 40% В. 8% Г. 100%
10. Шүдний оог үйлдвэрлэхэд шохойн чулууг нэмдгийн учир юу вэ?
    А. Саармаг орчин үүсгэх Б. Суурилаг орчин үүсгэх
    В. Хүчиллэг орчин үүсгэх Г. Бактерийг устгах

Богино хариулттай даалгавар

1. Сурагч хөнгөнцагаан, бари, лити, магни зэрэг металлуудыг авч эдгээр металлын нитратын уусмалд дэс дараалуулан дүрж ажиглалт хийн хүснэгтэд тэмдэглэсэн үр дүнг гарган авчээ.

Уусмал	Хөнгөнцагаан	Бари	Лити	Магни
Хөнгөнцагааны нитрат		✓		✓
Барийн нитрат			✓	×
Литийн нитрат	×			
Магнийн нитрат	×	✓	✓	

Хүснэгтэд урвал явагдаагүй бол ×, *урвал явагдсан бол* ✓ тэмдэглэгээ хийсэн болно.
   а) Хүснэгтийн үр дүнд үндэслэн металлуудыг идэвх нь буурах дараалаар жагсаана уу. [2]
   б) Өмнөх даалгаварт гаргасан металлын идэвхийн эгнээг ашиглан өгсөн хүснэгт дэх мэдээллийг гүйцээнэ үү. [2]
2. Алтыг гоёл чимэглэлийн эд зүйл хийхэд хэрэглэдэг.
   а) Яагаад алтыг гоёл чимэглэлийн эд зүйл хийхэд хэрэглэдэг вэ? [1]
   б) Алтыг бусад металлтай хольж түүний бат бэхийг сайжруулдаг. Яагаад алтны хайлш цэвэр алттай харьцуулахад бат бэх чанараар илүү байдаг вэ? [1]
3. 8.8 г төмрийн сульфидийг илүүдэл давсны хүчлийн уусмалаар үйлчлэхэд стандарт даралт, температурт хэчнээн литр устөрөгчийн сульфид үүсэх вэ? [2]
4. Яагаад шохойн чулууг байгалийн суурь гэж нэрлэдэг вэ? [1]



5. Шохойн чулууны задралаар түүхий шохой үүсдэг. Энэ туршилтыг лабораторийн нөхцөлд хийж болох уу? Яагаад? [1]
6. Дулааны цахилгаан станцын яндангийн утаанаас үүсэж буй 1 тонн хүхэр (IV)-ийн оксидыг зайлуулахын тулд хэчнээн тонн шохойн чулуу (массын 95%-ийг $CaCO_3$ эзэлнэ) зарцуулагдах вэ? [2]

Бичгийн даалгавар

1. Сурагчид багц туршилт хийсний дүнд дараах идэвхийн эгнээг бүтээжээ.
Хөнгөнцагаан, төмөр нь байгаль дээр оксид байдлаар оршдог. Эдгээр металлыг гарган авах арга урвалын идэвхээс нь хамаардаг.

Металл	Урвалын идэвх нэмэгдэнэ
Магни	↑
Хөнгөнцагаан	
Нүүрстөрөгч	
Цайр	
Төмөр	
Хартугалга	

А. Хөнгөцагааныг түүний оксидын хайлмалын электролизоор гарган авдаг.
   а) Хөнгөнцагааны оксид бүхий хүдрийг юу гэж нэрлэдэг вэ? [1]
   б) Электролизийн туршид криолитыг хайлмал хөнгөнцагааны оксид руу нэмдгийн шалтгааныг тайлбарлаарай. [2]
   в) Электролизийн үед анод, катод дээр явагдах урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү. [2]
   г) Яагаад хөнгөнцагааныг домен зууханд гарган авдаггүй вэ? [2]

Б. Төмрийг оксидоос нь домен зууханд гарган авдаг.
   а) Төмөр (III)-ийн оксидоос тогтсон төмрийн хүдрийг нэрлэнэ үү. [1]
   б) CO-ыг исэлдүүлэгч болгон хэрэглэж болох уу? Яагаад? [2]
   в) Домен зуухнаас гарсан хаягдлыг юунд хэрэглэдэг вэ? [1]
   г) Үйлдвэрт домен зууханд шохойн чулууг нэмдгийн шалтгаан юу вэ? [1]

Нийт 12 оноо

2. Хөнгөнцагаан, төмөр, цайр зэрэг металлуудыг тэдгээрийн давсны уусмал тус бүрт нэмэн урвал явагдах эсэхийг туршин дараах урвалууд явагдаж байгааг тогтоожээ.
   1. Хөнгөнцагаан + цайрын сульфатын уусмал
   2. Төмөр + хартугалганы нитратын уусмал
   3. Цайр + төмөр (II)-ийн сульфатын уусмал
   а) Өгсөн мэдээлэлд үндэслэн химийн урвалын идэвх буурах дарааллаар өгсөн металлуудыг байрлуулаарай. [2]
   б) Магнийг зэсийн сульфатын уусмалд дүрэхэд явагдах урвалын тэгшитгэлийг бичээрэй. Урвалаар ямар шинж тэмдэг ажиглагдах вэ? [2]
   в) (а) даалгаварт бүтээсэн идэвхийн эгнээнд зэс, магни хаана байрлах вэ? [2]
   г) Төмөр ба цайрын сульфатын уусмал, Хөнгөнцагаан ба төмөр (II)-ийн сульфатын хооронд химийн урвал явагдах уу? [2]

Нийт 8 оноо

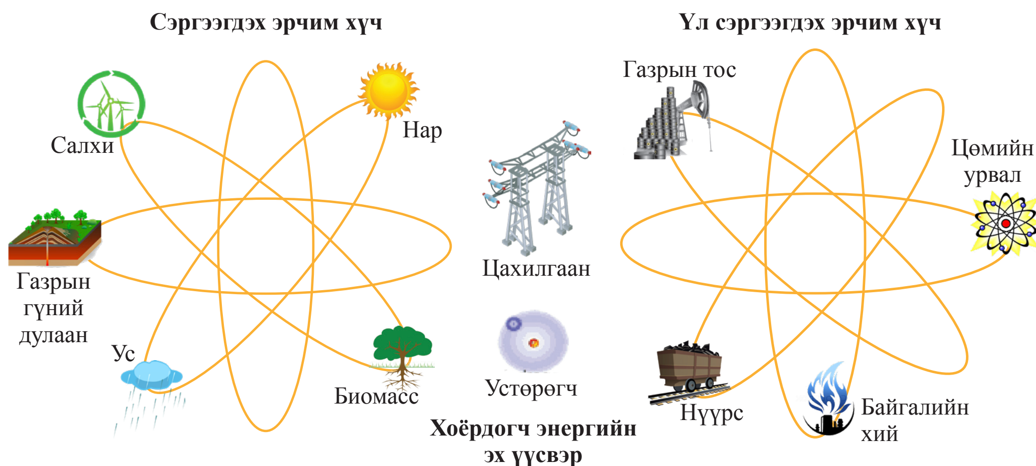
3. Дэлхийн эртний зургаан гайхамшгийн нэг агуу Гизагийн пирамидыг түүхий шохойгоор бүрсэн байдаг. Грекчүүд шохойн чулууг шатаан түүхий шохой гарган авдаг байжээ. Олон зуун жилийн дараа Гизагийн пирамид хүчиллэг бороонд идэгдэж нурсан байна.
   а) Шохойн чулуунаас түүхий шохой гарган авахад явагдах химийн урвал нь ямар урвалын төрөл вэ? Урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү. [2]
   б) Түүхий шохойг усанд уусгахад явагдах химийн урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү. [2]
   в) Шохойн усаар пирамидын гадуур бүрэхэд явагдах химийн урвал нь урвалын ямар төрөл вэ? Урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү. [2]

Нийт 6 оноо

4. Хүхэр хүн төрөлхтний амьдралд чухал үүрэгтэй эртний элемент билээ. Хүхрийн үйлдвэрлэлийн 50% орчмыг хүхрийн хүчил үйлдвэрлэхэд хэрэглэдэг.
   а) Эртний хүмүүс хүхрийг юунд хэрэглэдэг байсан бэ? [1]
   б) Металл барийн сульфид, сульфит, сульфатын томьёог зохиож, аль нэгдэлд хамгийн их хүхэр агуулагдахыг тооцоолно уу. [3]
   в) Хүхрийн байгаль орчинд үзүүлэх эерэг ба сөрөг нөлөөг нэрлэнэ үү. [2]

Нийт 6 оноо

БҮЛЭГ 4.
ОРГАНИК БОДИС. ШИНЖ ЧАНАР



Энэ бүлгийг судалснаар сурагчид:

4.1. Шатамхай түлшний эх үүсвэр. Байгалийн хий

- ✓ Шатах урвалын дулаан буюу илч, шатах хурд, экологийн ээлтэй байдал зэрэг олон үзүүлэлтээр түлшний үр ашигтай байдал, хэрэглээг тодорхойлдог

4.2. Газрын тос. Нүүрс

- ✓ Газрын тосны бүтээгдэхүүн, нүүрсийг ахуй амьдрал болон үйлдвэрт хэрэглэхийн давуу болон сул талыг мэддэг,

4.3. Нүүрсустөрөгч

- ✓ Алкан химийн идэвхгүй, алкений химийн идэвхтэй байдгийг химийн холбоонд нь үндэслэн тайлбарладаг,

4.4. Спирт. Биотүлш

- ✓ Этанолыг гарган авах нэгдэх урвал болон ферментацыг харьцуулж, давуу, сул талыг тодорхойлдог,
- ✓ Этанолыг түлш болгон хэрэглэхэд хүрээлэн буй орчин, нийгэм, эдийн засагт үзүүлэх нөлөөг хэлэлцэн тодорхойлдог,

4.5. Карбон хүчил

- ✓ Цууны хүчлийн усан уусмал сул хүчлийн шинж чанарыг үзүүлдэг болохыг тайлбарладаг,

4.6. Макромолекулт органик нэгдэл

- ✓ Полимер, мономер, бүтцийн нэгж болон байгалийн ба синтезийн полимерийг өөр хоорондоо нь ялган таньдаг,
- ✓ Поликонденсац болон полимержих урвалыг ялган таньж, полимерийг үүсгэж буй полиэфирийн ба полиамидын холбоог таньдаг болсон байна.

4.1 ШАТАМХАЙ ТҮЛШНИЙ ЭХ ҮҮСВЭР, БАЙГАЛИЙН ХИЙ

Түлхүүр үг. Түлш, Шатамхай түлш, Байгалийн хий.

Түлшний хэрэглээ

Бид аргал, хөрзөн, мод, нүүрс гээд олон төрлийн түлшийг ахуй амьдралдаа хэрэглэдэг билээ. Нүүрс, газрын тос (нефть), байгалийн хий нь эрчим хүчний үндсэн эх булаг болдог шатамхай түлш юм. Хүн төрөлхтөн шинжлэх ухааны ололт амжилтын үр дүнд биотүлш, шингэрүүлсэн хий зэрэг зохиомол түлшийг ч гарган авч хэрэглэж байна.

Дулааны цахилгаан станцад нүүрсийг шатаахад үүсдэг химийн энергийг ашиглан өндөр температур, даралттай усны уурыг үүсгэх замаар дулааны энерги гаргана. Дулааны энергийг генераторын тусламжтайгаар цахилгааны энергид хувирган хэрэглэнэ.

Түүхий газрын тосноос хэсэгчлэн нэрж гарган авдаг ашигтай бүтээгдэхүүний нэг нь бензин юм. Бензин автомашины хөдөлгүүрт агаарын хүчилтөрөгчийн оролцоотой шатаж химийн энерги ялгаруулна. Химийн энергийг цахилгааны энергид хувиргаснаар хөдөлгүүр ажиллана.

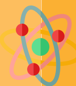
Байгалийн хийг олборлон хий дамжуулах хоолойгоор тээвэрлэн хэрэглэгчдэд хүргэнэ. Хэрэглэгч хийг шатаахад химийн энерги үүснэ. Химийн энергийг дулааны энергид хувирган ахуй амьдрал, үйлдвэрлэлд түлш болгон хэрэглэнэ.

Ийнхүү энергийг шинээр үүсгэх, алга болгох боломжгүй бөгөөд зөвхөн нэг хэлбэрээс нөгөө хэлбэрт шилжиж байдаг. Байгалийн болон хүний оюун ухааны хүчээр гаргаж авсан эрчим хүчний эх үүсвэр болдог бодис, материалыг **түлш** гэнэ.

Бид гэр орноо дулаацуулах, хоол ундаа хийхийн тулд түлшийг шатаадаг. Хуурай өвс сүрэл, аргал хоргол, органик хог хаягдал болон ашигт малтмал зэрэг олон төрлийн шатамхай материал байдаг ч эрчим хүчний эх үүсвэрт тохирох шинж чанар нь харилцан адилгүй байдаг. Хэт хурдан эсвэл хэт удаан шатдаг түлшийг энерги үйлдвэрлэхэд ашиглах боломжгүй.

Энергийг хүмүүс хэрэглээний тохиромжтой хэлбэрт шилжүүлэн ашигладаг. Жишээлбэл: түлшний химийн энергийг дулааны энергид шилжүүлж, орон гэрээ дулаацуулдаг. Химийн энерги бол бодисын химийн холбоонд хадгалагдах энерги юм. Батарей, биомасс, газрын тос, байгалийн хий, нүүрс зэрэг нь химийн энергийг хадгалж буй эх үүсвэрийн жишээ юм. Хүн энергийн шилжилт бүрийг бүрэн ашиглах боломжгүй. Тухайлбал: металл утсаар дамжиж буй цахилгаан энергийн 10 орчим хувь нь дулааны энергид шилждэг байна. Ийм хэмжээний энергийг Та бүхэнд хүргэхийн тулд 10 дахин их энерги үйлдвэрлэх ёстой гэсэн үг.

Өнөөгийн хэрэглэж буй энергийн 80 гаруй хувийг зөвхөн үл сэргээгдэх нөөц болох шатамхай түлшнээс үйлдвэрлэдэг. Үлдсэн бага хувийг цөмийн эрчим хүч, ус болон нар салхи, ургамлын биомасс зэрэг сэргээгдэх болон хоёрдогч эрчим хүчний эх үүсвэрээс гарган авдаг байна. Манай орон эрчим хүчнийхээ 90 гаруй хувийг зөвхөн нүүрснээс гаргаж авдаг.

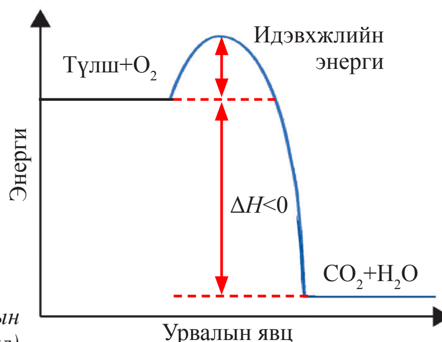


Түлшний энерги. Нүүрс, газрын тос, байгалийн хий зэрэг шатамхай түлшний үндсэн бүрэлдэхүүн нь нүүрсустөрөгчид юм. Түлш шатахад химийн энерги гол төлөв дулааны энергид шилжинэ.

Шатамхай түлшийг агаарын хүчилтөрөгчтэй шатаахад нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксид, ус үүсгэнэ.

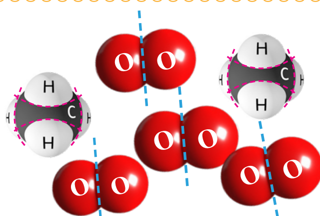
Нүүрсустөрөгч + O_2 → CO_2 + H_2O + дулаан, гэрэл

Химийн урвалын үед урвалд орж буй бодисуудын молекул дахь химийн холбоо тасарч шинэ холбоо үүснэ (Зураг 4.1.1). Түлш шатахад химийн энерги дулаан, гэрлийн энергид хувирна.

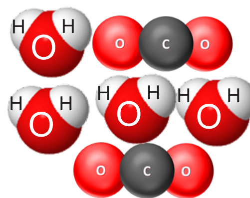


Зураг 4.1.1. Түлшний шатах урвалын энергийн диаграмм (экзотерм урвал)

Хүчилтөрөгч ба түлшин дэх атомуудын хоорондын химийн холбоог таслахад шингээгдэх энерги нь CO_2, H_2O дахь химийн холбоо үүсгэхэд ялгарах энергиэс үргэлж бага байдаг учраас урвалаар дулаан ялгардаг. Шатамхай түлшийг шатаахад мод зэрэг бусад түлштэй харьцуулахад дулаан их ялгаруулдаг. Жишээлбэл: 1 кг нүүрс шатахад ялгарах энерги 1 кг модны шатахад ялгарах энергиэс 2-3 дахин их байна.



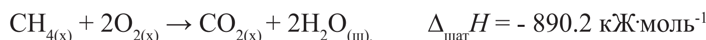
Метаны молекулын C-H, хүчилтөрөгчийн O=O холбоо тасрахад дулаан шингээнэ.



Шинэ молекул дахь C-O, H-O холбоо үүсэхэд дулаан ялгаруулна.

Метан, хүчилтөрөгчийн молекул дахь химийн холбоо тасрахад зарцуулагдах энерги нь нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксид, ус үүсэхэд чөлөөлөгдөх энергиэс бага байна.

Шатамхай түлшний шаталтаас ялгарч буй дулаан нь түүний найрлагаас хамаарч харилцан адилгүй байдаг. Тодорхой тоо хэмжээтэй түлшийг хүчилтөрөгчтэй шатаахад ялгарсан дулааныг **түлшний шаталтын энерги** гэнэ. 1 г эсвэл 1 моль түлшийг шатаахад ялгарах дулааныг **шаталтын дулаан** гэх ба харгалзан $кЖ{\cdot}г^{-1}$, $кЖ{\cdot}моль^{-1}$ нэгжтэй. Мөн 1 $м^3$ түлшийг шатаахад ялгарах дулаан ($кЖ{\cdot}м^{-3}$)-ыг хийн түлшний **дулаан ялгаруулах чадвар** гэнэ. Жишээлбэл: метаны шатах урвалын дулааныг стандарт нөхцөлд туршилтаар тодорхойлоход -890.2 $кЖ{\cdot}моль^{-1}$ байдаг. Энэ нь 1 моль CH_4 2 моль O_2–тэй шатах урвалд орж, 1 моль CO_2 ба 2 моль H_2O үүсгэхэд 890.2 кЖ дулаан ялгарна гэсэн үг. Үүнийг урвалын энтальпи гэж нэрлэдэг билээ.

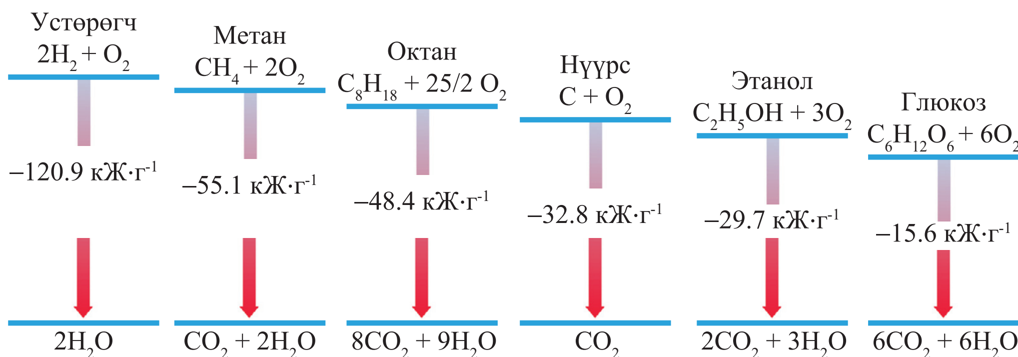


$$CH_{4(х)} + 2O_{2(х)} \rightarrow CO_{2(х)} + 2H_2O_{(ш)}, \qquad \Delta_{шат}H = -\ 890.2\ кЖ{\cdot}моль^{-1}$$

Бид энэ утгыг 1 г метаныг шатаахад ялгарах дулаан ($кЖ{\cdot}г^{-1}$)-аар илэрхийлж болно. Метаны молийн масс 16.0 $г{\cdot}моль^{-1}$ тул:

$$\frac{890.2\ кЖ}{1\ моль\ CH_4} \cdot \frac{1\ моль\ CH_4}{16.0\ г\ CH_4} = 55.1\ Ж \cdot г^{-1}$$

буюу 1 г метаныг шатаахад 55.1 кЖ дулаан ялгарна. Түлшний шатахын дулааныг $\Delta_{шат}H$ гэж тэмдэглэнэ. $\Delta_{шат}H(CH_4)$ = -890.2 $кЖ{\cdot}моль^{-1}$ = 55.1 $кЖ{\cdot}г^{-1}$



Зураг 4.1.2. Зарим түлшний шаталтын дулааны ялгаа (стандарт нөхцөл)

Метан (байгалийн хий), октан (газрын тос), нүүрс (C), биоэтанол, глюкоз (мод) зэрэг түлшний шаталтын дулааныг Зураг 4.1.2-т харьцуулан харуулжээ. Тэдгээрийн шаталтын энерги нь Устөрөгч → метан (байгалийн хий) → октан (газрын тос) → нүүрс → биоэтанол → глюкоз гэсэн дараалаар буурна. Устөрөгч, метан их дулаан ялгаруулдаг хамгийн сайн түлш болох нь харагдаж байна. Хамгийн бага дулаан ялгаруулж буй глюкоз нь ургамлын үндсэн хоол тэжээл бөгөөд фотосинтезийн урвалаар дулаан ялгаруулна. Түлшний энерги нь тэдгээрийн найрлага дахь устөрөгчийн тоо хэмжээнээс тодорхой хамааралтай байдаг. Нэг нүүрстөрөгчид оногдох устөрөгч хэдийчинээ их байна, шатах урвалаар ялгарах энерги төдийчинээ их байна.

Түлшний ашигтай чанарыг тэдгээрийн ялгаруулдаг энергиэс гадна үүсгэх бохирдолт, бохирдлыг бууруулах арга зам тодорхой эсэх, эх үүсвэр буюу түүхий эдийн нөөц, олборлолт, хадгалалт, тээвэрлэлтийн аюулгүй байдал, зах зээлд өрсөлдөхүйц хямд үнэ өртөг зэрэг олон үзүүлэлтээр тогтоодог.

Шатамхай түлш их хэмжээний нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксид ялгаруулж дэлхийн дулааралд нөлөөлж хүрээлэн буй орчны дэлхий нийтийн асуудлыг үүсэхээс гадна угаарын хий (CO) зэрэг хортой хий ялгаруулах, их хэмжээний хаягдал үүсгэх зэрэг олон сөрөг талтай.

Түлшний хэрэглээний хэт өсөлтийн улмаас эх үүсвэрийн нөөц тодорхой хугацааны дараа дуусна. Зарим шинжээчид газрын тос, байгалийн хий 50, газрын тос 100, харин нүүрс 400 гаруй жилийн нөөцтэй үлдсэн гэж үзэж байна. 1874 онд Жюль Верн “Нууцат арал” зохиолдоо *“Хэрвээ дэлхий дээрх нүүрсний нөөц дуусвал байгалийн ус энергийн эх үүсвэр болж түүнийг орлох болно”* гэж зөгнөн бичжээ. Энэ нь уснаас устөрөгчийн түлшийг гарган авахыг зөгнөсөн хэрэг юм. Гэвч устөрөгчийг гарган авдаг электролизийн арга нь эрчим хүчний зарцуулалт, үнэ өртөг өндөртэй тул өргөн хэрэглээ болж чадахгүй байгаа талаар 9-р ангидаа судалсан билээ.

Жишээ дасгал

1. Стандарт даралт, температурт 60% устөрөгч, 40% метанаас тогтсон 0.5 м^3 түлшийг шатаахад ялгаруулах дулаан *(q)*-ыг тооцоолно уу.

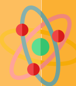
$$(\Delta_{шат}H(CH_4) = -890.2 \text{ кЖ·моль}^{-1},\ \Delta_{шат}H(H_2) = -241.8 \text{ кЖ·моль}^{-1}).$$

Бодолт: а) 0.5 м^3 түлшинд агуулагдах хий тус бүрийн эзлэхүүнийг олъё.

$$V_{H_2} = \frac{60}{100} \cdot 0.5 \text{ м}^3 \cdot \frac{10^3 \text{ л}}{1 \text{м}^3} = 300 \text{ л } H_2 \qquad V_{CH_4} = \frac{40}{100} \cdot 0.5 \text{ м}^3 \cdot \frac{10^3 \text{л}}{1 \text{м}^3} = 200 \text{ л } CH_4$$

б) Хийн эзлэхүүнийг дм^3-рүү шилжүүлье.

$$300 \text{ л} \cdot \frac{1 \text{ дм}^3}{1 \text{ л}} = 300 \text{ дм}^3\ H_2 \qquad 200 \text{ л} \cdot \frac{1 \text{ дм}^3}{1 \text{ л}} = 200 \text{ дм}^3\ CH_4$$



в) Хийн эзлэхүүнээс хий тус бүрийн молийг олъё.

$$n(H_2)=\frac{300\ дм^3}{24.8\ дм^3\cdot моль^{-1}}=12.1\ моль\ H_2 \qquad n(CH_4)=\frac{200\ дм^3}{24.8\ дм^3\cdot моль^{-1}}=8.06\ моль\ CH_4$$

г) Ялгарах дулаан: Устөрөгчөөс, $241.8\frac{кЖ}{моль}\cdot 12.1\ моль = 2925.0\ кЖ$

Метанаас, $890.2\frac{кЖ}{моль}\cdot 8.06\ моль = 7175.0\ кЖ$

д) 0.5 м³ түлшийг шатаахад ялгарах нийт дулааныг олъё. $q_{түлш} = 2925.0\ кЖ + 7175.0\ кЖ = 9000.0\ кЖ$

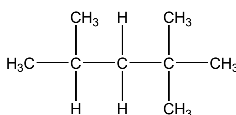
е) 1 м³ түлшийг шатаахад $q_{түлш} = \frac{9000\ кЖ}{0.5\ м^3} = 18000\ кЖ\cdot м^{-3}$ болно.

Дадлага ажил

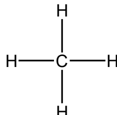
1. Өөрсдийн ахуй амьдралд хэрэглэдэг болон манай орны эрчим хүчний эх үүсвэр болдог түлшний жагсаалтыг гаргаж, тэдгээрээс хамгийн сайн гэсэн 3 түлшийг тодорхойлж, сонгосон шалтгааныг тайлбарлаж, ярилцаарай.

Дасгал

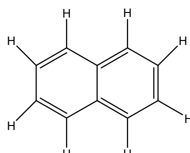
1. Үндсэн найрлагадаа дараах химийн нэгдлийг агуулсан 4 өөр түлшийг шатаажээ.



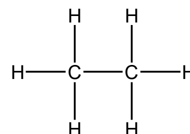
Изооктан



Метан



Нафталин



Этан

а) Түлш тус бүрийн шатах урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү.

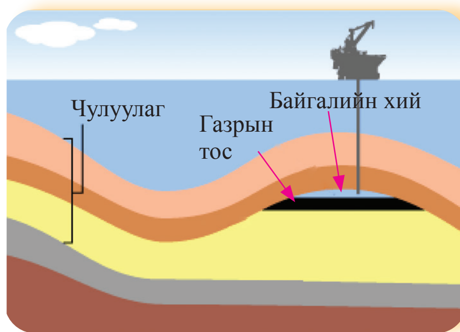
б) Түлшийг дулаан ялгаруулах чадварын өсөх дараалаар байрлуулж, үндэслэлээ тайлбарлана уу.

2. Хамгийн сайн ба хамгийн муу гэж үзсэн хоёр түлшний шатах урвалын энергийн диаграммыг харьцуулан зурж, үндэслэлээ тайлбарлана уу.

3. Нэгэн сурагч 2 шуудай мод (20 кг), 1 шуудай нүүрсний (20 кг) аль нэгийг түлшээр сонгох болжээ. Дараах нөхцөлийг харгалзан үзвэл сурагч аль түлшийг сонгох вэ? (мод ба нүүрсний үндсэн бүрэлдэхүүн нь харгалзан $C_{12}H_{22}O_{11}$, C_6H_6 томьёотой гэж үзнэ, үнийг тухайн үеийн ханшаар тооцоолно).

Байгалийн хий

Байгалийн хий нь газрын гүнд оршдог өнгө, үнэргүй, хялбар дөл авалцдаг, хийн холимог юм. Байгалийн хийн найрлагын 80-90 орчим хувийг метан (CH_4), ойролцоогоор 10 хувийг этан (C_2H_6), үлдсэн хэсгийг пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}), пентан (C_5H_{12}) эзэлнэ. Мөн бага хэмжээтэй нүүрсхүчлийн хий (CO_2), устөрөгчийн сульфид (H_2S), азот (N_2) агуулагдана.

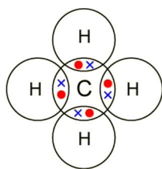


Мөхөж сөнөсөн организмын үлдэгдэл далайн ёроол, газрын хэвлийд хуримтлагдан улмаар өндөр температур, даралтын нөлөөгөөр шатамхай хийд хувирдаг.

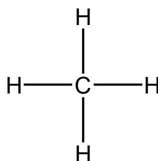
Байгалийн хийг газрын давхаргыг өрөмдөж олборлон хий дамжуулах хоолойгоор алс хол тээвэрлэнэ.

Эрт үед асар их хэмжээтэй ургамал, амьтны үлдэгдэл намаг, далайн ёроолд хүчилтөрөгчгүй орчинд дарагдан олон сая жилийн туршид хувирч хатуу, шингэн, хий байдалтай шатамхай түлшийг үүсгэсэн байна. Хугацаа өнгөрөхийн хэрээр тэдгээрийн температур, даралт ихсэж нэмэлт химийн хувирлууд ч явагддаг.

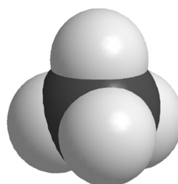
Метаны бүтэц байгуулал. Байгалийн хийн үндсэн бүрэлдэхүүн болох метан CH_4 томьёотой, молекулд нэг нүүрстөрөгчийн атом дөрвөн устөрөгчийн атомтай ковалентын холбоогоор холбогддог.



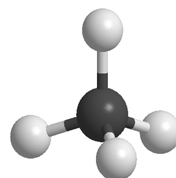
Ковалентын холбоо



Байгууллын дэлгэмэл томьёо



Масштаб загвар



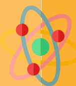
Иштэй бөмбөлөг загвар

Байгальд орших. Метан байгалийн хийн ихэнх агуулгыг бүрдүүлэн газрын гүнд оршихоос гадна газрын гадаргуу дээр ч үүсэж байдаг. Мөн хүчилтөрөгчгүй орчинд ургамлын ялзрал, мал бусад том өвсөн тэжээлтэн амьтны ходоодонд хоол боловсруулах явцад үүснэ. Намаг дотор ургамлын ялзралаас үүсдэг тул метаныг “намгийн хий” ч гэж нэрлэдэг. Намагтай газар хийн бөмбөлөг ялгарч байдгийг Та нар харсан байх аа.

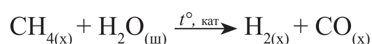
Метаны шинж чанар. Метан бол өнгөгүй, усанд бага, этанолд сайн уусдаг хий. Метан ердийн нөхцөлд химийн урвалын идэвхгүй боловч хүчилтөрөгчийн орчинд дулаан, гэрэл ялгаруулан эрчимтэй шатдаг билээ.

Метан агаараас бага нягттай тул метанаар дүүрсэн бөмбөлөг дээшээ дэгдэж могой хэлбэртэй мушгирсан хөөсөн багана үүсгэнэ. Иймээс энэ туршилтыг “Метаны могой” гэж нэрлэсэн. “Метаны могой”-ны хөдөлгөөнийг залж чиглүүлж, хэсгээр тасдан авч мөн шатааж болно (Зураг 4.1.3).

Зураг 4.1.3. “Метаны могой” туршилт. Савангийн уусмал руу метаныг нэвтрүүлж бөмбөлөг үүсгэнэ.



Байгалийн хий нь хүхэр зэрэг бусад хортой химийн нэгдэл агуулдаггүй, экологийн хамгийн цэвэр энергийн эх үүсвэр юм. Мөн түүнийг тээврийн хэрэгслийн түлш, хуванцарын болон бусад чухал ач холбогдолтой органик бодисын үйлдвэрлэлийн үндсэн түүхий эдээр ашигладаг. Байгалийн хийг өндөр температур, даралтад дахин боловсруулж хамгийн ашигтай автомашины түлш, химийн үйлдвэрлэлийн түүхий эд болох синтезийн хий (H_2 ба CO-ийн холимог)-г гарган авдаг. Метанаас синтезийн хий гаргах үндсэн урвал:



$$CH_{4(х)} + H_2O_{(ш)} \xrightarrow{t^\circ,\ кат} H_{2(х)} + CO_{(х)}$$

Сүүлийн жилүүдэд манай оронд хийг автомашин, ахуйд түлш болгон хэрэглэх айл өрх, аж ахуйн нэгж албан байгууллагын тоо эрс өсөж байна.

Цахилгаан энерги гаргадаг автомашины хийн генератор

Хийгээр ажилладаг дулааны генератор

Хийн түлш түгээгүүр

Байгалийн хий нь шатамхай шинж чанартай тул хэрэглэхдээ аюулгүй байдлыг сайтар анхаарах шаардлагатай. Метан хортой хий бөгөөд агаарт 5-15% хүртэл агуулгатай метан ялгарвал тэсрэх аюултай.

Дасгал

4. Метан хийн байгалийн эх үүсвэрээс гурвыг нэрлэнэ үү. Аль нь метаны үндсэн эх үүсвэр вэ?
5. Байгалийн шатамхай түлшний гарал үүслийг тайлбарлана уу.
6. Байгалийн хийг а) агаарт шатаахад, б) агааргүй битүү орчинд халаахад явагдах урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү.
7. Байгалийн хийн үндсэн бүрэлдэхүүн нь метан байдаг, харин мах шарахад пропан ($CH_3CH_2CH_3$) хийг хэрэглэдэг. Хийн шаталт бүрэн явагдана гэж үзээд урвалаас ялгарах дулааныг $кЖ \cdot моль^{-1}$, $кЖ \cdot г^{-1}$ $кЖ \cdot м^{-3}$ нэгжээр тооцоолно уу.

Дэд бүлгийн дүгнэлт

- Нүүрс, газрын тос, байгалийн хий зэрэг түлш нь шатаж, энерги ялгаруулдаг тул эрчим хүчний гол эх үүсвэр болдог.
- Байгаль дээр олон сая жилийн туршид явагдсан нарийн нийлмэл хувирлын үр дүнд шатамхай түлш үүсдэг тул үл сэргээгдэх нөөц болдог.

4.2 ГАЗРЫН ТОС. НҮҮРС

Түлхүүр үг. Түүхий газрын тос, Фракц, Крекинг.

Газрын тос

Бидний өдөр тутам хэрэглэдэг сам, шүдний сойз, саван зэрэг өргөн хэрэглээний бүтээгдэхүүнээс эхлээд амьдралын чухал хэрэгцээг хангадаг түлш шатахууныг ч газрын тосноос гарган авдаг.

Олборлож буй газрын тосны тал хувь нь автомашин, нисэх болон усан онгоцны түлшинд хэрэглэгддэг.

Газрын тосны үлдсэн хувийн ихэнхийг цахилгаан станц, үйлдвэр, аж ахуйд дулаан гаргахад хэрэглэдэг.

Хуванцар, мяндас зэрэг олон бүтээгдэхүүнийг газрын тосноос гарган авсан химийн бодисоор үйлдвэрлэдэг.

XIX зуунд алдарт химич Д.И.Менделеев мяндас, хуванцар, резин, будаг, эм, гоо сайхны зэрэг олон төрлийн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх боломжтой газрын тосыг түлш болгон шатааж байгааг хараад хэрэглэгчээс "Та өөрийн гэрийн зуухыг банкны мөнгөн дэвсгэртээр халаах уу?" гэж асуусан гэдэг.

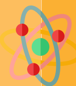
Газрын тос нь мөхөж сөнөсөн организмын үлдэгдэл далайн ёроолд тунаж, олон сая жил хадгалах явцад үүссэн хар хүрэн өнгөтэй, өтгөн тосорхог тунадас юм. Газрын тос нь газрын гүнд тодорхой даралтад байдаг тул цооног гаргахад гүний даралт ба газрын гадаргуугийн даралтын зөрүүнээс хамааран аяндаа урсан гардаг. Газрын тос гүний усны ёроол эсвэл чулуун давхаргын дор 500-3500 метрийн гүнд оршино.

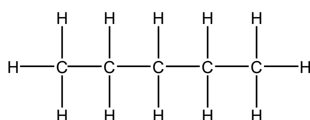
Санамж

Дэлхийн газрын тосны нэг өдрийн эрэлт хэрэгцээ 2008 онд хоногт 84.7 сая баррель байсан бол 2030 онд 105 сая баррельд хүрэх тооцоо байна (1 баррель газрын тос = 158.9873 л).

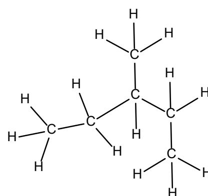
Газрын тосны найрлага. Газрын тос олон тооны нийлмэл бодис агуулдаг бөгөөд түүний ихэнхийг C5-C18 бүхий салбарласан, салбарлаагүй, цагираг хэлхээтэй нүүрсустөрөгчид эзэлнэ. Судлаачид газрын тосноос 1-70 хүртэл тооны нүүрстөрөгчтэй нэгдлүүдийг илрүүлсэн байдаг.

Газрын тосны ордод их хэмжээний хий хуримтлагдсан байх бөгөөд үүнийг газрын тосны дагалдах хий гэж нэрлэдэг. Газрын тосны найрлагад агуулагдах зарим энгийн нүүрсустөрөгчдийн бүтэц байгууллыг харъя.

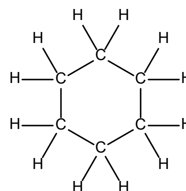




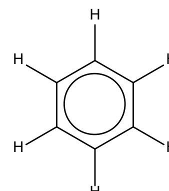
Пентан, C_5H_{12}, салбарлаагүй шугаман хэлхээтэй.



3-метилпентан, C_6H_{14}, салбарласан хэлхээтэй.



Циклогексан, C_6H_{12}, цагираг хэлхээтэй.



Бензол, C_6H_6, цагираг хэлхээтэй

Газрын тосыг хэсэгчлэн нэрэх арга

Байгалийн ордоос олборлосон газрын тосыг **түүхий газрын тос** гэнэ. Түүхий нефтид олон тооны нүүрсустөрөгчид бие биедээ уусаж холилдсон байдаг тул тэдгээрийг хэсэгчилсэн нэрэх аргаар ашигтай фракцад ялгадаг. Хэсэгчлэн нэрэх арга нь түүхий газрын тосны бүрэлдэхүүнийг буцлах температурын зөрүүнд үндэслэн ялган салгах арга юм. Буцлах температурын тодорхой мужид нэрэгдэн гарсан холимгийг газрын тосны **фракц** гэнэ.

Лабораторид газрын тосыг энгийн нэрлэгээр хэд хэдэн температурын мужид харгалзах цөөхөн фракцыг ялган авч болдог (Зураг 4.2.1а). Энэ аргаар тасалгааны температураас 250°C хүртэл 4 фракцад ялгасан нэгэн туршилтын харьцуулсан үр дүнг харъя (Хүснэгт 4.2.1).

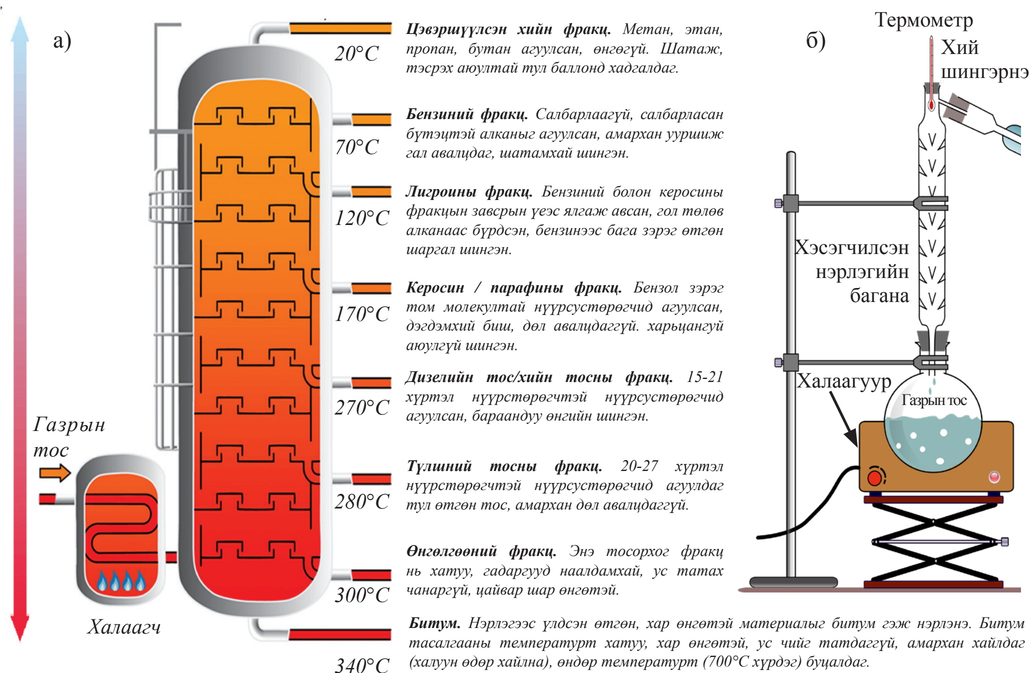
Хүснэгт 4.2.1. Нэрлэгийн фракцын шинж чанарын ялгаа

Фракц	I фракц	II фракц	III фракц	IV фракц
Температур	100°C хүртэл	100-150°C	150-200°C	200-250°C
Дөл үүсэлт				
Дөл авалцах чанар	Хялбар	Бэрхшээлгүй	Удаан	Шууд дөл авалцахгүй
Зууралдлага	Маш урсамтгай	Урсамтгай	Бараг урсахгүй	Зууралдамхай, урсахгүй
Дэгдэмхий чанар	Сайн	Бага	Өчүүхэн	Муу
Молекулын хэмжээ	Жижиг	→		Том

Нэрлэгийн бүх фракц нь шатамхай шинж чанартай боловч дөл авалцах, зууралдлага, дэгдэмхий зэрэг чанараараа өөр хоорондоо ялгаатай байна.

Түлшний зууралдлага нь тосны хөдөлгүүр дотор хэр наалдахыг харуулсан урсах чанарын нэг үзүүлэлт бөгөөд температур ихсэх тусам багасч, багасах тусам ихэсдэг. Зуны улиралд хөдөлгүүрийн тосны зууралдлага хэт бага бол үрэлтэд орж буй гадаргууд хангалттай хүрч чадахгүй, өвлийн улиралд зууралдлага хэт их бол тос гүйхгүйгээс хөдөлгүүр асахгүй болох тохиолдол бий. Нүүрсустөрөгчдийн молекулын хэмжээ томрох тусам фракцын буцлах цэг, зууралдлага ихсэж, харин дэгдэмхий чанар нь багасна. Эдгээр шинж чанарын өөрчлөлт гарснаар фракцын галын аюулгүй байдал ч нэмэгдэнэ.

Газрын тос боловсруулах үйлдвэрт фракцыг хоолой хэлбэрийн зуух бүхий асар том нэрэх цамхагт ялгана. Үүнийг газрын тосны анхан шатны боловсруулалт гэдэг. Нэрлэгийн температурыг нэмэгдүүлэхэд нүүрсустөрөгчдийн молекулуудын кинетик энерги нь ихсэж молекул хоорондын таталцлын хүч суларч хий төлөвт шилжинэ. Нэрлэгээр нүүрсустөрөгчдийн C-C, C-H зэрэг ковалентын холбоо тасрахгүй тул молекул задрахгүй, бүтэц нь хэвээр хадгалагдана.



Зураг 4.2.1. Газрын тосны хэсэгчилсэн нэрлэгийн төхөөрөмж а) Үйлдвэрийн масштаб, б) Лабораторийн масштаб

Нэрэх цамхагийн доод хэсэгт түүхий газрын тосыг халаахад буцлах, уурших үзэгдэл зэрэг явагдаж, нүүрсустөрөгчдийн уур нэрэх цамхагаар дээшилнэ. Нэрэгдэн гарч буй шингэнийг илүү нарийвчлалтай ялгахын тулд нэрэх цамхагийн доторх гадаргуугийн талбайг ихэсгэж өгсөн байдаг. Цамхаг дахь нүүрсустөрөгчид буцлах цэгийн ялгаагаараа тасралтгүй нэрэгдэн фракцуудад ялгагдана. Хамгийн жижиг молекултай, богино хэлхээтэй нүүрсустөрөгчид агуулсан хөнгөн фракцын буцлах цэг бага тул эхэлж ууршин цамхагийн дээд хэсэгт нэрэгдэнэ. Харин том молекултай, урт хэлхээтэй нүүрсустөрөгчид буцлах цэг өндөртэй, хүнд фракц тул цамхагийн доод хэсэгт ялгагдана. Молекул хэдийчнээ урт хэлхээтэй байна тэдгээрийн молекул хоорондын таталцлын хүч төдийчинээ их, буцлах цэг өндөр байна.

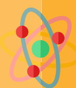
Фракцын агуулга дахь нүүрсустөрөгчдийн нүүрстөрөгчийн тоо ихсэж, молекулын хэмжээ том байх тусам буцлах цэг, зууралдлага хийн фракцаас битум хүртэл ихсэж байна. Харин дөл авалцах чанар нь буурах тул сүүлийн хоёр хүнд фракцыг түлшинд шууд хэрэглэх боломжгүй байдаг (Зураг 4.2.1а).

Нүүрстөрөгчийн атомын тоо →

Молекул хоорондын таталцлын хүч →

Буцлах температур, зууралдлага

← *Дэгдэмхий, дөл авалцах чанар*



Хүн төрөлхтөн эрт үеэс газрын тосыг хэрэглэж байжээ. Энэтхэгт 5000 жилийн өмнөх барилгын хана, шалыг газрын тосны гаралтай материалаар бүрж байжээ. VII зуунд Византчууд газрын тосыг түүхий шохойтой хольж, норохоороо шатдаг бодисыг бэлтгэж, дайны зорилгоор хэрэглэдэг байжээ. 1748 онд Оросын хайгуулч Ф.С.Прядунов үйлдвэрт газрын тосыг нэрэх төхөөрөмжийг анх зохион бүтээсэн бол АНУ-д 1859 онд анхны газрын тосыг нэрэх үйлдвэр, XX зуунаас хэсэгчлэн нэрэх цамхагийг ашиглах болжээ.

Византчуудын зэвсэг "Грекийн гал"

Дадлага ажил

1. Хэмжээст цилиндр, гарын доорх материалаар хийсэн шахмал бөмбөлөг, секундомер ашиглан фракцуудийн зууралдлагыг харьцуулан хэмжих туршилтын санаа дэвшүүлж, туршина уу.

Фракцын хэрэглээ

Газрын тосны фракцуудыг янз бүрийн зориулалтын түлшинд ашиглахаас гадна химийн олон төрлийн түүхий эдийг гарган авч тэдгээрээс ахуй амьдралд өргөн хэрэглэдэг хуванцар, эм, бордоо, хүнсний нэмэлт бодис зэрэг синтезийн бүтээгдэхүүнийг үйлдвэрлэдэг (Хүснэгт 4.2.2).

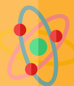
Хүснэгт 4.2.2. Газрын тосны фракцын хэрэглээ

Фракц	Фракцын хэрэглээ
Цэвэршүүлсэн хий	Халаалт, хоол унд хийх (бутан) зэргээр ахуйд өргөн хэрэглэдэг. Мөн этен зэрэг органик нэгдэл, полимер материал гаргахад хэрэглэнэ.
Бензин	Моторын түлшээр хэрэглэнэ.
Лигроин	Ихэнх хувийг боловсруулж, бензин гаргах, химийн бодис гаргахад хэрэглэнэ
Керосин/парафин	Төвлөрсөн халаалтын систем болон онгоц, тийрэлтэт хөдөлгүүрийн түлшээр хэрэглэнэ. Крекингэд оруулж, бензин гаргана.
Дизелийн тос/ хийн тос	Дизель хөдөлгүүрийн түлш болон зарим хэсгийг крекингэд оруулж газрын тосны хий, бензин гаргаж автомашин, галт тэрэг, төвлөрсөн халаалтын түлшинд хэрэглэдэг.
Түлшний тос	Хөлөг онгоц, цахилгаан станц, цахилгаан зүтгүүрийн түлш, тослох материал болгож ашигладаг.
Өнгөлгөөны тос	Металл эдлэлийг коррозоос хамгаалах, цэвэрлэгээ, өнгөлгөө болон гялалзуулагч материалаар хэрэглэдэг.
Битум	Зам бүрэх, усан онгоцны гадаргуур будаж, ус тусгаарлагч болгон ашигладаг.

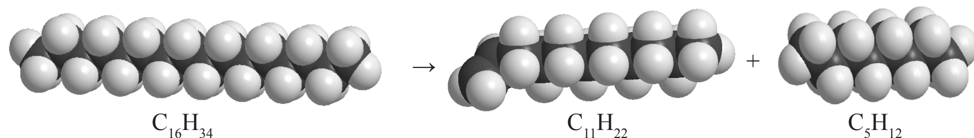
Газрын тосны фракцын хэрэглээнээс харахад хялбар шатдаг хөнгөн фракиудыг түлшинд голлон хэрэглэдэг бол амархан дөл авалцдаггүй, гадаргууд наалдамхай, ус татах шинж чанаргүй өтгөн, тосорхог фракцыг тос, өнгөлгөөнд хэрэглэдэг байна.

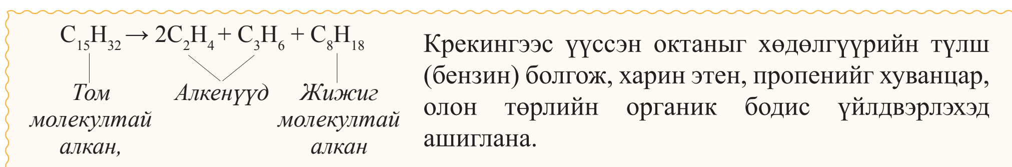
Санамж

Парафин: урт хэлхээтэй алкан, parum-бага, affinis-идэвх гэсэн утгатай латин үгнээс гаралтай нэр



Газрын тосны фракцуудыг шатаахад хортой хий үүсгэдэг хүхрийн нэгдлийг фракцаас зайлуулах, зарим хүнд фракцыг хөнгөн нүүрсустөрөгчид хувирган ашигтай түүхий эд гаргах зорилгоор дахин боловсруулдаг. Ийм аргын нэг нь крекинг юм. Жишээлбэл: пентадекан ($C_{15}H_{32}$) урт хэлхээтэй том молекул тул автомашины түлшинд хэрэглэхэд тохиромжгүй. Иймд крекингэд оруулж жижиг молекултай, богино хэлхээтэй октан болон этен, пропенд хувиргадаг.





$C_{15}H_{32} \rightarrow 2C_2H_4 + C_3H_6 + C_8H_{18}$

Том молекултай алкан, *Алкенууд* *Жижиг молекултай алкан*

Крекингээс үүссэн октаныг хөдөлгүүрийн түлш (бензин) болгож, харин этен, пропенийг хуванцар, олон төрлийн органик бодис үйлдвэрлэхэд ашиглана.

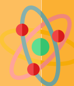
Нүүрсустөрөгчдийн урт хэлхээтэй, том молекулыг өндөр даралт, температур, катализаторын нөлөөгөөр задалж, богино хэлхээтэй жижиг молекулд хувиргах аргыг **крекинг** гэнэ.

Манай оронд Тамсагбулаг, Зүүнбаян, Цагаан элс зэрэг 40 гаруй газрын тосны орд, илэрц тогтоогджээ. Зүүнбаянгийн газрын тос олборлох, боловсруулах үйлдвэр 1950-1969 онд ажиллаж байсан түүхтэй. Зүүнбаян, Цагаан элс, Тамсагбулаг, Тосон уул зэрэг газрын тосны ордын нөөцийг тогтоож, бусад ордын хайгуулын ажил эрчимтэй явагдаж байна.

Дадлага ажил

2. Монгол улс дотооддоо газрын тосны үйлдвэр барьж хэрэгцээгээ хангах, эсвэл импортоор авахын аль нь эдийн засгийн үр ашигтай болохыг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй баримтаар батална уу.

Түүхий газрын тос, газрын тосны бүтээгдэхүүнд их хэмжээгээр агуулагддаг том молекултай нүүрсустөрөгчид нь хүн, бусад амьд организмд хор хөнөөлтэй. Мөн бага хэмжээтэй агуулагддаг хүхэр, азотын нэгдэл нь хүрээлэн буй орчинд хувиралд орж өөр шинэ, хортой бодисыг үүсгэдэг. Хэрэв далайд их хэмжээтэй газрын тосны бүтээгдэхүүн асгарвал усны температурын байгалийн хэлбэлзлийг өөрчилж амьтдын дасан зохицох чадварыг алдагдуулж үхэлд хүргэх аюултай. Мөн тэдний үр төл, авгалдайг устгаснаар тоо толгой нь хорогдож улмаар хүн, амьтны хүнсний хомсдол үүсгэн улмаар улс орны эдийн засагт ч нөлөөлөх эрсдэлтэй. Газрын тосноос гаргаж авсан вазелин зэрэг гоо сайхны бүтээгдэхүүний найрлагад хортой цагираг нүүрсустөрөгчид орвол арьсны элдэв өвчин үүсгэх эрсдэлтэй байдаг. Цооногоос гарах түүхий газрын тосны шаталтаас ялгарах CO_2 дэлхийн дулааралд нөлөөлөхөөс гадна гал түймэр, дэлбэрэлт болж хүний амь сүйдэх эрсдэл ч гарна. Иймээс газрын тосыг тээвэрлэх хөлөг онгоц тусгай хамгаалалтын давхар бүрхүүлтэй байх, тос асгарсан тохиолдолд тухайн улсын засгийн газар, компаниуд цэвэрлэх, нөхөн төлбөр төлөх, усан орчныг хамгаалах арга хэмжээ авах зэрэг олон чухал заалтыг оруулсан олон улсад мөрдөх нэгдсэн хууль тогтоомжийг гарган хэрэгжүүлдэг.



Дасгал

1. Газрын тос нь химийн бодисын ямар ангилалд хамаарах вэ? (элемент, химийн нэгдэл, холимог бодис)
2. Түүхий газрын тосыг лабораторид хэсэгчлэн нэрэхэд хэрэглэгдэх багаж төхөөрөмжийг нэрлэнэ үү.
3. Газрын тос тогтмол температурт буцалдаггүй, газрын хэвлийд урт хугацаанд байхдаа гүний устай холилддоггүйн шалтгааныг тайлбарлана уу.
4. Газрын тосны фракцуудыг нэрлэж, буцлах цэгийн буурах дараалаар байрлуулж, зүй тогтлын шалтгааныг тайлбарлана уу.
5. Нэг сурагч том молекултай нүүрсустөрөгчид бага молекултай нүүрсустөрөгчөөс илүү сайн түлш болдог гэсэн дүгнэлт хийжээ.
   а) Дараах мэдээллийг ашиглан, дүгнэлт зөв эсэхийг батална уу.
   б) Дээрх дүгнэлтэд үндэслэн 1 г лаа ($C_{25}H_{52}$)-ны тос ба 1 г октаны шатахын дулааныг жишнэ үү. Тооцоогоор нотолно уу.

Нүүрсустөрөгч	Шатахын дулаан
Октан, C_8H_{18}	5450 кЖ·моль$^{-1}$
Бутан, C_4H_{10}	2859 кЖ·моль$^{-1}$

Нүүрс

Нүүрс нь нүүрстөрөгчийн өндөр агуулгатай органик бодисоос тогтдог, шатдаг, хар эсвэл хүрэн өнгөтэй, газрын гүнд оршдог тунамал чулуулаг юм. Нүүрсийг эртний навчит, модлог ургамал газрын хэвлийд дарагдан, өндөр даралт, дулаан нөхцөлд олон сая жилийн туршид чулуужин хувирч үүссэн гэж үздэг. Энэхүү нүүрсжих хувирлын насжилтаас нь хамааруулан нүүрсийг хүрэн ба чулуун нүүрс, антрацит гэсэн гурван төрөлд ангилдаг.

Хүрэн нүүрс нь хамгийн бага хувирсан, бутрамхай нүүрс юм. 40% хүртэл С агуулна.

Чулуун нүүрс нь хувирлын дунд шатны бүтээгдэхүүн юм. 60% хүртэл С агуулна.

Антрацит нь нүүрсний хувирлын эцсийн шатны хамгийн сайн чанарын бүтээгдэхүүн юм. 90% хүртэл С агуулна.

Нүүрс нь нүүрстөрөгч, устөрөгч, хүчилтөрөгч, азот болон хүхэр агуулдаг. Мөхсөн ургамал урт удаан хугацаанд нүүрсжих тул орд бүрийн нүүрсний бүтэц, найрлага ялгаатай байдаг. Жишээлбэл: Шивээ-Овоогийн ордын хүрэн нүүрс ойролцоогоор 67.4% С, 4.8% Н, 0.92% N, 25.9% О агуулдаг бол Багануурын чулуун нүүрс 73.3% С, 5% Н, 1.2% N, 20.3% О агуулдаг байна (Д.Авид, 2014). Үлдсэн найрлагыг чийг, бусад элемент эзэлнэ. Нүүрсийг эрчим хүч гаргахаас гадна металл боловсруулах, гангийн үйлдвэрлэл, цементийн завод, орон байрны халаалт зэрэг чиглэлээр хэрэглэдэг.

Нүүрсийг агааргүй орчинд халаахад үүсэх нүүрстөрөгчийн өндөр агууламж бүхий хатуу түлшийг **кокс** гэнэ. Барьцалдах чадвар болон урвалын идэвх сайтай, хүхэр, үнс, чийг багатай нүүрсийг коксжуулдаг. Коксыг түлшинд хэрэглэхээс гадна кальцийн карбид, түүхий шохой, хужир, нүүрсний хүчил зэрэг бодисуудыг үйлдвэрлэхэд өргөн хэрэглэдэг. Нүүрсийг коксжуулах явцад нүүрсний хий ба давирхай зэрэг дагалдах бүтээгдэхүүн

үүсдэг. Нүүрсний хийн найрлагад устөрөгч, метан, этилен, нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксид, нүүрстөрөгч (II)-ийн оксид, аммиак зэрэг хийнүүд байдаг. Нүүрсний хийн найрлагад байгаа метан, устөрөгчийг ялган авч хийн түлш болгон ашигладаг.Үлдсэн хийг хүхрийн хүчлийн уусмал дундуур нэвтрүүлэхэд уг хийд агуулагдах аммиактай үйлчилж, аммонийн сульфатыг үүсгэдэг. Энэ нь сайн чанарын бордоо болдог. Нүүрсний давирхай нь маш наалдамхай, өвөрмөц үнэртэй шингэн. Түүнийг нэрж бензол, толуол, ксилол зэрэг арены нүүрсустөрөгчдийг гарган авч анагаах ухаан, зам тээвэр, органик бодисын үйлдвэрлэлд өргөн хэрэглэдэг.

Манай орон нүүрсний нөөцөөр дэлхийд эхний арван тавд багтдаг бөгөөд 15 сав газарт 300 гаруй нүүрсний орд байдаг. Нүүрс нь өнөөдрийг хүртэл эрчим хүчний гол эх үүсвэр болж байгаа ч дэлхийд 100 гаруй жилийн нөөц үлдсэн гэж үздэг.

Нүүрс нь бутрамхай, агаарт амархан исэлддэг, үнс, утаа тортог ихтэй зэрэг дутагдалтайгаас гадна, байгаль орчныг ихээр бохирдуулдаг, аюулгүй ажиллагааны дүрэм зөрчигдвөл уурхайд нуралт үүсэх, хуримтлагдсан метан хий дэлбэрэх аюул эрсдэл гардаг зэрэг олон сөрөг нөлөөтэй байдаг.

Улаанбаатар хотын утааны 80 хувийг айл өрхийн яндан, 20 хувийг дулааны цахилгаан станц, машины яндангийн утаа, тоосонцор, угаар үүсгэдэг (2014 оны баримт)

Санамж

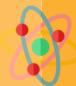
Утаанд олон төрлийн хортой бодис агуулагдаж, амьсгалын замын, харшлын, дархлаа сулрах зэрэг өвчин эмгэг үүсгэхээс гадна урагт нөлөөлдөг.

Дасгал

6. Нүүрсийг шатааж, цахилгаан гарган авахад явагдах энергийн хувирлын үе шатуудыг бүдүүвчээр тайлбарлана уу.
7. Этан (C_2H_6)-ы шаталтын дулаан 47.8 кЖ·г$^{-1}$ бол 1.0 моль этан бүрэн шатахад ямар хэмжээний дулаан ялгаруулах вэ?
8. Байгалийн хий, газрын тос, нүүрсийг түлшинд хэрэглэхийн давуу болон сул талуудыг харьцуулна уу.

Дэд бүлгийн дүгнэлт

- Газрын тосны найрлага дахь нүүрсустөрөгчдийг буцлах температурын ялгаанд үндэслэн хэсэгчилсэн нэрлэгийн аргаар ашигтай фракцад ялган салгаж хэрэглэдэг.
- Газрын тосны бүрэлдэхүүн дэх нүүрсустөрөгчдийн молекул хэдийчинээ урт хэлхээтэй байна, тэдгээрийн молекул хоорондын таталцлын хүч төдийчинээ их байж, буцлах цэг нь өндөр байдаг.
- Нүүрсийг нүүрсжих хувирлын насжилтаас нь хамааруулан хүрэн, чулуун нүүрс, антрацит гэсэн гурван төрөлд ангилдаг бөгөөд тэдгээр нь бүтэц, найрлагаараа ялгаатай байдаг.



4.3. НҮҮРСУСТӨРӨГЧ

Түлхүүр үг. Нүүрсустөрөгч, Алкан, Алкен.

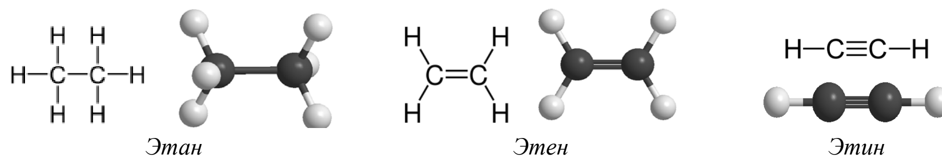
C18-35 нүүрстөрөгч бүхий парафиныг эмчилгээ, гоо сайхан, тосолгооны материал болон хэрэглэдэг.

Пентан ба гексаны холимог болох петролейны эфир гэж нэрлэдэг уусгагчийг өөх тос, давирхай зэрэг органик бодисыг уусгахад хэрэглэдэг.

Алкенийг гялгар ут зэрэг ахуйн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэхэд өргөн хэрэглэдэг.

Хүн төрөлхтөн одоогийн байдлаар зуу гаруй мянган органик биш бодис, 20 сая гаруй органик нэгдлийг нээн илрүүлжээ. Органик нэгдэл олон байдаг нь нүүрстөрөгчийн атомууд өөр хоорондоо болон устөрөгч, хүчилтөрөгч, азот зэрэг бусад атомтай холбогдож органик нэгдлийн олон тооны анги бүлэг үүсгэдэгтэй холбоотой юм.

Нүүрсустөрөгч нь алкан, алкен, алкин зэрэг анги бүлэгтэй байхаас гадна тэдгээр нь нүүрстөрөгчийн тоогоороо ялгаатай, бүтэц байгуулал төстэй өөр өөрийн гомолог (бүл) нэгдэл үүсгэдэг. Нүүрсустөрөгчдийг химийн холбоонд нь үндэслэн ханасан ба ханаагүй гэж ангилдаг. Алканы молекул дахь нүүрстөрөгчийн атомууд нүүрстөрөгч-нүүрстөрөгчийн дан холбоо (C-C)-оор холбогдсон байдаг бол ханаагүй нүүрсустөрөгч болох алкен хоёрлосон холбоо (C=C), харин алкин гуравласан холбоо (C≡C)-той байдаг (Зураг 4.3.1).

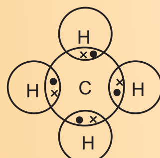


Зураг 4.3.1. Нүүрсустөрөгч (алкан, алкен, алкин)-ийн молекулын бүтэц байгуулал

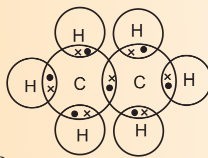
Алкан

Найрлагадаа нүүрстөрөгч ба устөрөгч агуулсан, дан холбоотой, задгай хэлхээтэй нүүрсустөрөгчдийг **алкан** гэнэ.

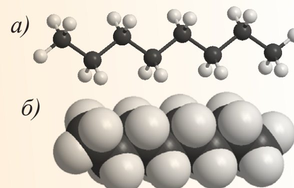
Бүтэц байгуулал. Алканы молекулын нүүрстөрөгчийн атом тус бүр дөрвөн ковалентын холбоо үүсгэн оршдог. Эдгээр ковалент холбоо нь нүүрстөрөгч-нүүрстөрөгчийн (C-C) ба нүүрстөрөгч-устөрөгчийн (C-H) холбоо байна.



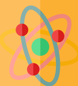
Метаны молекулын нүүрстөрөгчийн атом нь 4 устөрөгчийн атомтай дөрвөн C-H ковалент холбоо үүсгэнэ.



Этаны молекулын хоёр нүүрстөрөгчийн атом C-C ковалент холбоо, тус бүр 3 устөрөгчтэй C-H ковалент холбоо үүсгэнэ.



Октан (C_8H_{18})-ы молекулын загвар: а) Иштэй бөмбөлөг б) Масштаб



Гомолог. Алканы хамгийн энгийн төлөөлөгч нь метан бөгөөд бусад нь түүний гомологийн нүүрсустөрөгчид юм.

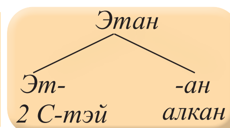
Хүснэгт 4.3.1. Алканы гомологийн эгнээний эхний 5 гишүүний томьёо, шинж чанар

Алкан	Химийн томьёо	Байгуулалын хураангуй томьёо	С-ийн атомын тоо	Төлөв	Буцлах цэг, °С	Этанолд уусах чанар
Метан	CH_4	CH_4	1	Хий	-164	Сайн уусна
Этан	C_2H_6	CH_3CH_3	2	Хий	-87	
Пропан	C_3H_8	$CH_3CH_2CH_3$	3	Хий	-42	
Бутан	C_4H_{10}	$CH_3(CH_2)_2CH_3$	4	Хий	-0.5	
Пентан	C_5H_{12}	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	5	Шингэн	36	

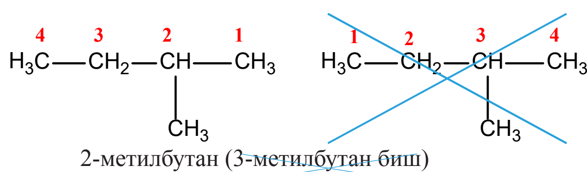
Алканы гомолог нь C_nH_{2n+2} гэсэн ерөнхий томьёотой. Гомологийн эхний 1-4 хүртэл С-тэй гишүүд нь хий, С5-аас эхлэн шингэн, С16-аас хойших бүх алкан хатуу төлөвтэй байдаг. Буцлах цэг гомологийн эгнээний дагуу өсөх зүй тогтолтой байгаа нь тэдгээрийн молекул дахь атомын тоо нэмэгдэхэд гадаргуугийн талбай, молекул масс нь нэмэгдэж, улмаар молекул хоорондын таталцлын хүч ихэсдэгтэй холбоотой юм. Алкан практикт усанд уусдаггүй, харин этанол зэрэг органик уусгагчид сайн уусна. Шингэн алканууд сайн уусгагчид бөгөөд өөх тос, давирхай зэрэг органик бодисыг уусгана.

Нэршил. Органик нэгдлийн нэршил нь үндсэн хэлхээний нүүрстөрөгчийн атомын тоог грек тоогоор нэрлэхэд суурилсан байдаг. Алканыг нэрлэхдээ грек тооны угтвар дээр *-ан* дагавар залгана. Угтвар нь үндсэн хэлхээн дэх нүүрстөрөгчийн атомын тоог заадаг.

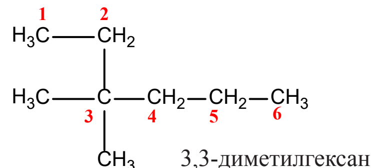
С тоо	Угтвар	Алкан	С тоо	Угтвар	Алкан	С тоо	Угтвар	Алкан
1	Мет-	Метан	3	Проп-	Пропан	5	Пент-	Пентан
2	Эт-	Этан	4	Бут-	Бутан	6	Гекс-	Гексан



Хэрвээ хэлхээ салбарласан бол салбарлалт ойрхон байгаа талаас хамгийн урт хэлхээ (олон С-тэй)-г дугаарлаад **Халагч + угтвар + -ан** дүрмийг баримтлан нэрлэнэ.

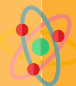


Хэлхээ 4 нүүрстөрөгчтэй, 2-р нүүрстөрөгчөөс метил бүлэг салбарласан.

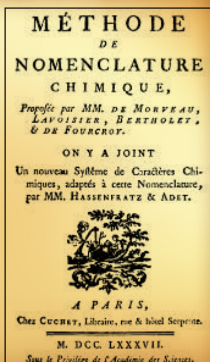


Хэлхээ 6 нүүрстөрөгчтэй, 3-р нүүрстөрөгчөөс хоёр метил бүлэг салбарласан.

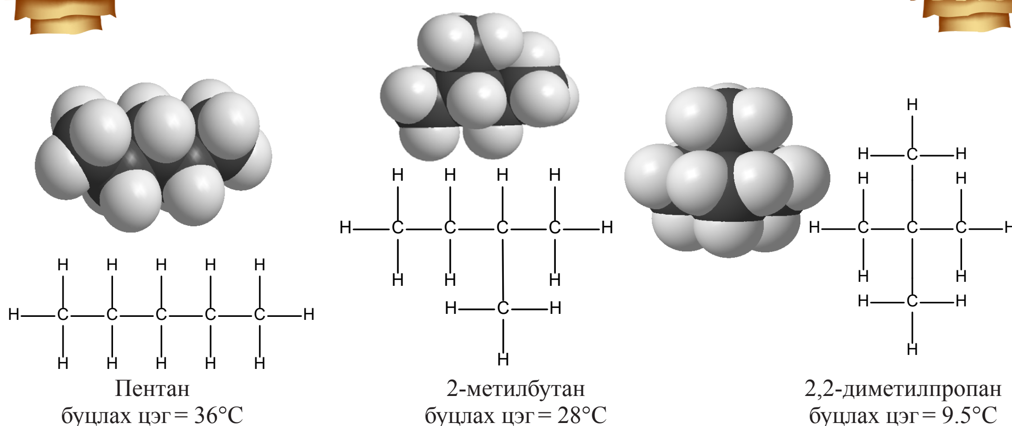
Изомер. Адил молекул томьёотой, байгууллаараа ялгаатай нэгдлүүдийг изомер гэдгийг Та бүхэн мэднэ. Бутанаас эхлэн нүүрстөрөгчийн хэлхээ салбарлаж байгууллын изомерийн нэг төрөл болох салбарлалтын изомерийг үүсгэнэ. Бутан хоёр, пентан гурван изомертэй (Зураг 4.3.2). Нүүрстөрөгчийн атомын тоо нэмэгдэхэд салбарлах боломж нэмэгдэж, изомерийн тоо эрс өсдөг. Тухайлбал: С10-тай алкан 75, С15-тай алкан 4347 изомертэй байдаг.



Химийн шинжлэх ухааны хөгжлийн явцад химийн элемент, нэгдлийг цаг үеийн түүхэн нөхцөл, гарган авсан, нээсэн түүх, нээсэн эрдэмтэн, хэрэглээ гэх мэт онцлог шинжийг харгалзан шоргоолжны хүчил, бамбайн альдегид, бертолетийн давс гэх мэтээр тохиолдлын чанартай нэр өгдөг байжээ. Химийн нэгдлийг нэрлэх анхны дүрмийг 1787 онд химийн шинжлэх ухааныг үндэслэгч Францын алдарт химич А.Л.Лавуазье нарын эрдэмтэд боловсруулж байжээ. 1892 онд дэлхийн химичид Женев хотод хуралдаж олон улсад мөрдөх зорилгоор органик нэгдлийн анхны нэршил (Женевийн нэршил)-ийг боловсруулсан байна. 1919 онд байгуулагдсан Онолын ба Хэрэглээний Химийн олон улсын Холбооноос химийн шинжлэх ухааны тэмдэг, томьёо, нэр томьёо зэргийн стандартыг гаргасан юм.



MÉTHODE
DE
NOMENCLATURE
CHIMIQUE,
Proposée par MM. de Morveau, Lavoisier, Bertholet, & de Fourcroy.
On y a joint
Un nouveau Système de Caractères Chimiques, adaptés à cette Nomenclature, par MM. Hassenfratz & Adet.
A PARIS,
Chez Cuchet, Libraire, rue & hôtel Serpente.
M. DCC. LXXXVII.
Sous le Privilège de l'Académie des Sciences.



Зураг 4.3.2. Пентаны изомерийн буцлах цэгийн ялгаа

Изомерууд бүтэц байгууллаараа ялгаатай тул физикийн шинж чанараар ч ялгаатай байдаг. Дээрх жишээнээс харахад пентаны 3 изомерийн нүүрстөрөгчийн атомын тоо ижил боловч буцлах цэг ялгаатай бөгөөд салбарлалт их байх тусам буцлах цэг буурсан байна. Энэ нь нүүрстөрөгчийн хэлхээ салбарлах тусам молекулууд хоорондоо ойртоход саад учирч тэдгээрийн молекул хоорондын таталцлын хүч багасдагтай холбоотой.

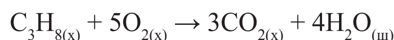
Дасгал

1. Пропаны молекулын химийн холбоог цэг - хэрээс диаграммаар илэрхийлнэ үү.
2. Тасалгааны нөхцөлд хий, шингэн, хатуу төлөвтэй алканы жишээ гаргана уу.
3. C8-тай алканы байгууллын дэлгэмэл ба хураангуй томьёог бичнэ үү.
4. C3, C10, C5, C7, C17, C1 нүүрстөрөгч бүхий алканыг буцлах цэгийн өсөх дараалаар жагсааж, үндэслэлээ тайлбарлана уу.
5. Дараах алканы томьёог бичнэ үү. а) 2-метилпентан, б) 2,4-диметилпентан, в) 3-этилпентан
6. Бутан 2 изомертэй. а) Тэдгээр изомерийн томьёог бичиж нэрлэнэ үү. б) Бутаны нэг изомер 0°C, нөгөө нь -10°C температурт буцалдаг бол изомеруудийн буцлах цэгийг онооно уу.

Дадлага ажил

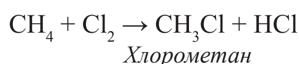
1. Гарын доорх материал (баримлын шавар, чүдэнз гэх мэт) ашиглан гексаны изомеруудийг иштэй бөмбөлөг загвараар бүтээж, хамгийн бага, их буцлах цэгтэй изомерийн загварыг сонгоно уу.

Химийн шинж чанар. Алканууд ахуй амьдрал, үйлдвэрлэлд өргөн хэрэглэгддэг. Байгаль дээр шатамхай түлш болох газрын тосны найрлагад С70 хүртэл алкан байдаг бол байгалийн хийн найрлагыг метан, этан, пропан болон бутан бүрдүүлдэг билээ. Алканы онцлог шинж болох шатамхай шинжид нь үндэслэн тэдгээрийг түлшинд ашигладаг талаар өмнөх дэд бүлэгт олон жишээн дээр судалсан байгаа. Ялангуяа гомологийн эхний гишүүд хялбар шатдаг. Хийн асаагуурт хэрэглэдэг пропаны шатах урвал:



$$C_3H_{8(х)} + 5O_{2(х)} \rightarrow 3CO_{2(х)} + 4H_2O_{(ш)}$$

Алканы нүүрстөрөгчийн атомуудын валентын бүх электрон химийн холбоонд оролцдог учраас химийн идэвхгүй, инертийн шинж чанартай. Хэдийгээр алкан химийн идэвхгүй нэгдэл боловч тодорхой нөхцөлийг бүрдүүлсэн үед халах урвалд орж, хлор, бромын атом нь алкан дахь устөрөгчийн атомыг халдаг. Хэрвээ устөрөгчийн атомыг хлор халж байвал хлоржих, бром халж байвал бромжих урвал гэж нэрлэдэг. Хий байдалтай хлор ба алкан хэдэн жил нэг саванд байсан ч халах урвал явагдахгүй. Харин гэрэл (hν)-ээр үйлчлэхэд хлорын молекулын Cl-Cl холбоо тасарч урвал явагдана.



$$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$$

Хлорометан

Метаны хлоржих урвал нь химийн урвалын хурдад гэрлийн үзүүлэх нөлөөг харуулсан жишээ юм.

Мэдэхэд илүүдэхгүй

Гэрлийн нөлөөгөөр явагддаг урвалыг **фотохимийн урвал** гэнэ. Гэрэл (үзэгдэх эсвэл хэт ягаан) шууд утгаараа катализатор биш бөгөөд фотоны энергийн нөлөөгөөр химийн урвал явагддаг. Харин фотон катализатор шиг дахин чөлөөлөгдөхгүй онцлогтой. Фотохимийн урвалын жишээ нь байгальд явагддаг фотосинтезийн үзэгдэл юм. Мөн мөнгөний давс гэрлийн нөлөөгөөр мөнгө үүсгэдэг. Энэ урвалыг фото зурагт ашигладаг.

Хэрвээ хлор илүүдэл хэмжээтэй байвал метаны бүх дөрвөн устөрөгчийг халах боломжтой. Энэ тохиолдолд урвалаар дихлорометан (CH_2Cl_2), трихлорометан ($CHCl_3$) эцэст нь тетрахлорометан (CCl_4) дараалан үүснэ.

Метан, этаны халах урвалаар үүссэн хлороалканууд маш сайн уусгагч болдог. Газрын тосны олон С-тэй алканаас вазелин гэж нэрлэдэг тос гаргаж эмнэлэг, гоо сайхны чиглэлээр хэрэглэдэг.

Дасгал

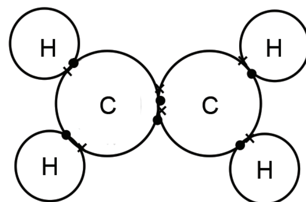
7. Этаны бромжих урвалаар үүсэх боломжтой бүтээгдэхүүний томьёог бичнэ үү.
8. Бутаныг савлаж гэр ахуйд хийн түлшинд өргөн хэрэглэдэг. Бутаны шатах урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү.

Алкен

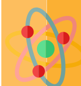
Найрлагадаа нүүрстөрөгч ба устөрөгч агуулсан, хоёрлосон холбоо (C=C)-той, задгай хэлхээтэй нүүрсустөрөгчийг **алкен** гэнэ.

Бүтэц байгуулал. Алкений молекул нь (C-C) ба (C-H) холбооноос гадна (C=C) хоёрлосон холбоотой байдгаараа онцлогтой.

Гомолог. Алкений гомолог нь C_nH_{2n} гэсэн ерөнхий томьёотой ба гомологийн эгнээ нь хоёр нүүрстөрөгчийн атомтай этенээс эхэлдэг.



Этений молекулын нүүрстөрөгчийн атом устөрөгчийн атомтай (C-H) дан ковалент холбоо, өөр хоорондоо (C=C) хоёрлосон ковалент холбоо үүсгэнэ.

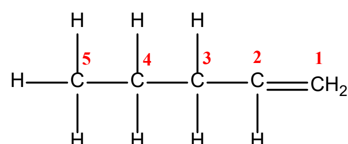


Хүснэгт 4.3.2. Алкений гомологийн эгнээний эхний 4 гишүүний томьёо, шинж чанар

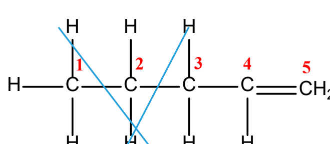
Алкен	Химийн томьёо	Байгуулльн хураангуй томьёо	С-ийн атомын тоо	Төлөв	Буцлах цэг, °С
Этен	C_2H_4	$CH_2{=}CH_2$	2	Хий	-104
Пропен	C_3H_6	$CH_2{=}CH\text{-}CH_3$	3	Хий	-47
Бут-1-ен	C_4H_8	$CH_2{=}CH\text{-}CH_2\text{-}CH_3$	4	Хий	-6.5
Пент-1-ен	C_5H_{10}	$CH_2{=}CH\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$	5	Шингэн	30

Гомологийн эхний 2-4 хүртэл С-тэй гишүүд нь хий, С5-аас эхлэн шингэн, С18-аас хойших бүх алкен хатуу төлөвтэй байдаг. Гомологийн эгнээний дагуух буцлах цэгийн өөрчлөлт алкантай адилаар өсөх зүй тогтолтой байдаг. Энэ нь молекул хоорондын таталцлын хүч ихэсдэгтэй холбоотой юм.

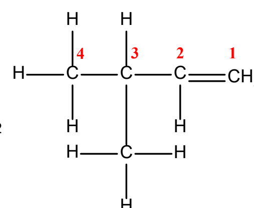
Нэршил. Алкенийг грек тооны нэр (угтвар) дээр хоёрлосон холбоог нэрлэдэг -ен дагаврыг залгаж нэрлэдэг. Хэлхээг С=С холбоо ойрхон байгаа талаас дугаарлаад Халагч + угтвар + **-ен** дүрмийг баримтлан нэрлэнэ.



Пент-1-ен



Пент-4-ен



3-метилбут-1-ен

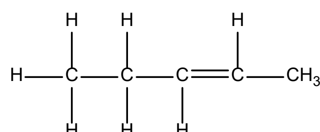
Хэлхээ 5 нүүрстөрөгчтэй, хоёрлосон холбоо 1-р нүүрстөрөгчийн атомд байрласан.

Хэлхээ 4 нүүрстөрөгчтэй, хоёрлосон холбоо 1-р нүүрстөрөгчийн атомд байрласан.

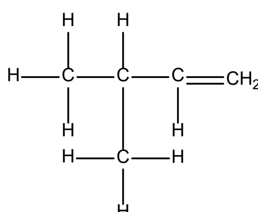
Санамж

Хоёрлосон холбоо (С=С) нь хоёр нүүрстөрөгчийн атомын хооронд үүсдэг тул алкений нэрэнд хоёрлосон холбоо ойрхон байгаа талаас үндсэн хэлхээг дугаарлаж, эхний нүүрстөрөгчийн дугаарыг тавьж нэрлэнэ.

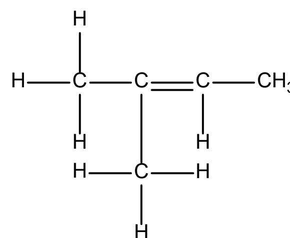
Изомер. Алкен нь хоёрлосон холбоотой тул салбарлалтын болон байрлалын изомер үүсгэдэг. Иймд зөвхөн салбарлалтын изомер үүсгэдэг адил С-ийн атом бүхий алкантай харьцуулахад изомерийн тоо нь олон байна. Жишээлбэл: пентан гурав, пентен таван изомертэй байдаг. Бутенээс эхлэн изомер үүснэ.



Пент-2-ен
(Байрлалын)



3-метилбут-1-ен
(Салбарлалтын)

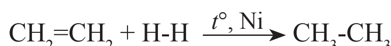


2-метилбут-2-ен
(Байрлалын, салбарлалтын)

Дасгал

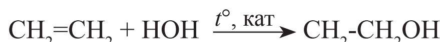
9. Пропений молекул дахь химийн холбоог цэг хэрээс диаграммаар илэрхийлнэ үү.
10. Бутений боломжит изомерийг тодорхойлж, байгууллын дэлгэмэл, хураангуй томьёог бичиж, нэрлэнэ үү.
11. Дараах алкений томьёог бичнэ үү. а) Гекс-1-ен, б) Гекс-2-ен, б) 2,3-диметилбут-1-ен
12. Нэгэн алкений молийн масс 84 г·моль$^{-1}$ бол молекул томьёог нь тодорхойлж, нэрлэнэ үү.

Химийн шинж чанар. Алкен нь хоёрлосон холбоо агуулсан ханаагүй нүүрсустөрөгч учраас алкантай харьцуулахад химийн идэвхтэй байдаг. Алкен хоёрлосон холбоондоо устөрөгч, галоген, ус, устөрөгчийн галидыг нэгдүүлж, ханасан органик нэгдлүүд үүсгэдэг. Этенээр жишээ авч үзье. Этен нь никель катализатор, температурын нөлөөгөөр устөрөгчийг нэгдүүлж, алкан үүсгэдэг. Энэ урвалыг практикт шингэн тосонд устөрөгч нэгдүүлж, хатуу тос гарган авахад ашигладаг.



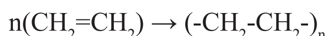
$$CH_2{=}CH_2 + H\text{-}H \xrightarrow{t^\circ,\ Ni} CH_3\text{-}CH_3$$

Этен нь катализатор, температурын нөлөөгөөр устай урвалд орж, этанол үүсгэдэг.



$$CH_2{=}CH_2 + HOH \xrightarrow{t^\circ,\ кат} CH_2\text{-}CH_2OH$$

Этанолыг эмнэлэгт уусгагч болгон ашигладаг. Алкен нь өөр хоорондоо нэгдэж ахуйд сав баглаа, кабель, тоглоом, барилгын сан техникийн хоолой зэргийг хийхэд ашигладаг полимер материалыг үүсгэдэг.



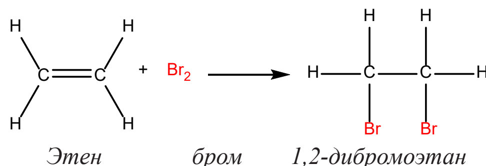
$$n(CH_2{=}CH_2) \rightarrow (\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-})_n$$

Хаягдал полимерийн байгаль дахь удаан хугацааны задралаар алкенууд үүсэж, агаарт исэлдсэнээр амьд организмд хортой нэгдлүүд үүсдэг. Алкений полимержих урвалыг 4.6-р бүлэгт судална.

Туршилт

Алкен нь ханаагүй нүүрсустөрөгч болохыг бромын ус, калийн перманганатын усан уусмалаар таньдаг.

Алкен дээр бромын ус нэмэхэд өнгө нь улбар шараас өнгөгүй болж өөрчлөгддөг. Энэ нь алкений хоёрлосон холбоо тасарч бромыг нэгдүүлснээр ханасан дибромоалкан үүсгэсэнтэй холбоотой.



Этен *бром* *1,2-дибромоэтан*

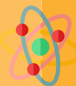
Бромын усны өнгө арилна

Уусмалын өнгө арилна

Харин калийн перманганатын усан уусмал нэмэхэд ягаан өнгө нь арилдаг. Энэ нь алкений хоёрлосон холбоо тасарч ханасан нэгдэл (этандиол) үүсгэсэнтэй холбоотой.

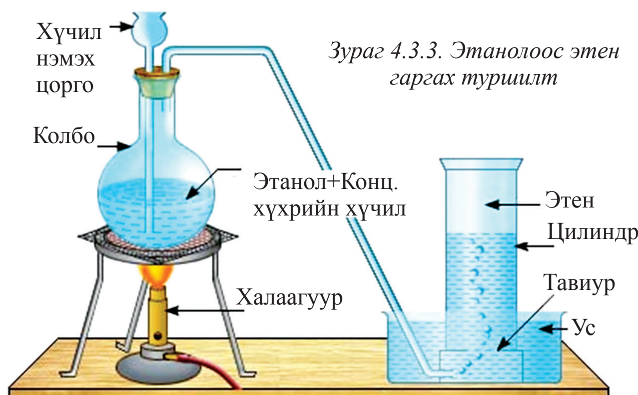
$$3C_2H_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3C_2H_2(OH)_2 + 2MnO_2\downarrow + 2KOH$$

этандиол

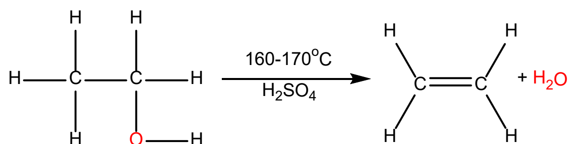


Дасгал

13. Пропан ба пропений аль нь бромын устай урвалд орох вэ? Урвалын тэгшитгэлийг бичиж, үндэслэлээ тайлбарлана уу.
14. Стандарт даралт, температурт бутан ба бутений 100 дм^3 эзлэхүүнтэй хийн холимог байв. Энэхүү холимгийг бромын усан дундуур нэвтрүүлсний дараа эзлэхүүн нь 50.4 дм^3 болсон. Анхны хийн холимог дахь бутан, бутений эзлэхүүнийг тооцоолно уу. Хэдэн грамм бром урвалд орсон бэ?



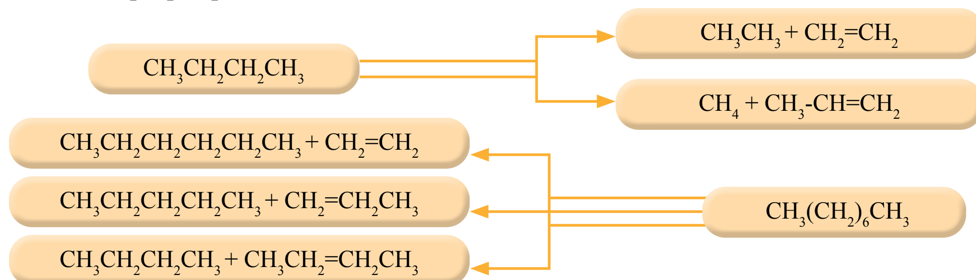
Зураг 4.3.3. Этанолоос этен гаргах туршилт



Гарган авах арга. Алкен химийн идэвхтэй ханаагүй нэгдэл учраас байгальд дангаар оршдоггүй. Иймд тэдгээрийг лабораторид болон үйлдвэрт гарган авдаг.

Лабораторид гарган авах арга. Этенийг лабораторид этанолоос ус ялгаруулах урвалаар гарган авдаг (Зураг 4.3.3). Их хэмжээтэй гарган авахад этанолыг илүүдэл хэмжээтэй концентрацтай хүхрийн хүчилтэй халааж (160-170^{o}С) гарган авах нь тохиромжтой. Бусад тохиолдолд этанолыг хөнгөнцагааны оксид катализатортай халааж, этен гарган авна. Үүссэн этенийг усыг түрүүлэх аргаар хураан авч, бромын усан дундуур нэвтрүүлэн танина.

Үйлдвэрт гарган авах арга. Түүхий эдийн олдоц, боловсруулах арга технологи, өртөг, зардал, аюулгүй ажиллагаа зэрэг олон хүчин зүйлээс шалтгаалж, үйлдвэрт лабораторийн аргыг хэрэглэдэггүй. Иймд үйлдвэрт алкенийг алканы крекингээр гарган авдаг. Температур, катализаторын нөлөөгөөр алканы молекул дахь (С-С) ковалент холбоо тасарч нүүрсустөрөгчдийн холимог үүснэ. Энэ нь урвалд сонгон авсан катализатор, орчны даралт, температураас хамаарна. Крекингэд гол төлөв цеолит, хөнгөнцагааны оксидыг катализатораар хэрэглэдэг.



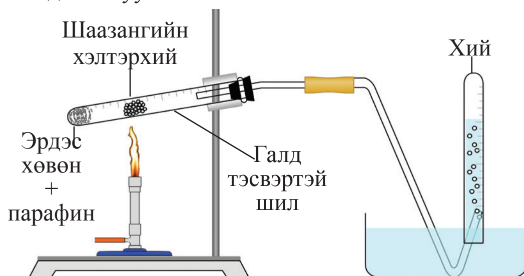
Мөн алканыг өндөр температурт халааж задлан устөрөгч ялгаруулах замаар алкен гарган авч болдог. Энэ урвал нь мөн крекингийн нэг төрөл юм.

$CH_3CH_2CH_3 \rightarrow CH_3\text{-}CH{=}CH_2 + H_{2(x)}$

$CH_3\text{-}CH_3 \rightarrow CH_2{=}CH_2 + H_{2(x)}$

Туршилт

Лабораторид алкенийг крекингээр гарган авахын тулд амархан хайлдаг парафин (тосолгооны)-ыг шилэн хөвөнд шингээж, 400-700°С температурт халааж уурыг нь катализатор (шаазангийн хэлтэрхий) дээгүүр нэвтрүүлдэг. Крекингээр үүссэн хий байдалтай богино хэлхээт нүүрсустөрөгчдийг усан дээр хураан авч, улмаар бромын ус эсвэл, калийн перманганатын усан уусмал руу нэвтрүүлэн өнгөний өөрчлөлтөөр нь алкен үүссэнийг танина. Нүүрсустөрөгчид хялбархан дөл авалцдаг тул туршилтыг нүдний шил, хамгаалалтын халадтай явуулна.



Зураг 4.3.4. Алкенийг крекингээр гарган авах туршилтын багаж

Санамж

Этенд хордсон тохиолдолд хүчилтөрөгчөөр амьсгалуулна. Шингэн этен арьсны хөлдөлт үүсгэх аюултай.

Крекингээр гарган авсан алкенийг төрөл бүрийн органик бодис, полимер гарган авах түүхий эд болгодог бол алканыг төрөл бүрийн түлш болон бусад зориулалтаар хэрэглэдэг. Алкан ба алкений шинж чанарын ялгааг зарим үзүүлэлтээр Хүснэгт 4.3.3-т харуууллаа.

Хүснэгт 4.3.3. Алкан ба алкений ялгаа

Үзүүлэлт	Алкан	Алкен
Ерөнхий томьёо	C_nH_{2n+2}	C_nH_{2n}
Химийн холбоо (нүүрстөрөгч)	C-C	C=C
Урвалын идэвх	Химийн идэвхгүй	Харьцангуй химийн идэвхтэй
Бромын усны өнгө арилах эсэх	Өнгө арилахгүй	Өнгө арилна
Калийн перманганатын уусмалын өнгө арилах эсэх	Өнгө арилахгүй	Өнгө арилна
Гол хэрэглээ	Түлш	Полимер ба бусад органик нэгдлийг гарган авах

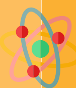
Хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөө. Алкений гомологийн эхний гишүүн этен тамхины утаа, түлшний шаталт зэргээс хүрээлэн буй орчинд ялгарч байдаг. Агаарт их хэмжээний этен хий агуулагдаж байвал мэдрэл хордох, нүд сохрох эрсдэл үүсэхээс гадна шатах, тэсрэх аюултай.

Дасгал

15. Дараах крекингээр ямар алкен үүсэх вэ?
а) Октан → C_4H_{10} + ?, б) $C_4H_{10} \to C_2H_6$ + ?, в) $C_4H_{10} \to H_2$ + ?, г) $C_4H_{10} \to CH_4$ + ?
16. Гексаны крекингээр 2.48 $дм^3$ эзлэхүүнтэй этан хий гарган авчээ. Урвалын гарц 85% байсан бол урвалаар стандарт нөхцөлд хэдэн $дм^3$ бутен хий үүссэн бэ?

Дэд бүлгийн дүгнэлт

- Нүүрстөрөгчийн атомуудын валентын бүх электрон нь химийн холбоо үүсгэхэд оролцсон байдаг учир алкан нь химийн идэвхгүй ханасан нэгдлүүд байдаг.
- Алкен хоёрлосон холбоотой ханаагүй нүүрсустөрөгч тул гол төлөв нэгдэх урвалд ордог химийн идэвхтэй нэгдлүүд байдаг.



4.4. СПИРТ. БИОТҮЛШ

Түлхүүр үг. Спирт, Ферментац, Биотүлш.

Монголчууд эрт үеэс гүүний сүүгээр тодорхой хэмжээний этанолын агуулга бүхий айраг исгэдэг уламжлалтай билээ.

Орчин үед ургамлын эдээс этанол гарган авч автомашины биотүлш болгон хэрэглэж байна.

Хүний цусан дахь спиртийн агуулгыг тодорхойлоход этанолын исэлдэх урвалыг ашигладаг.

Молекулдаа нүүрстөрөгч, устөрөгчөөс өөр атом агуулсан органик нэгдлийг **нүүрсустөрөгчийн уламжлал** гэнэ. Нүүрсустөрөгчийн хүчилтөрөгч, азот, хүхэр, фосфор агуулсан уламжлал бий. Хүчилтөрөгч агуулсан олон төрлийн органик нэгдэл байдаг (Хүснэгт 4.4.1).

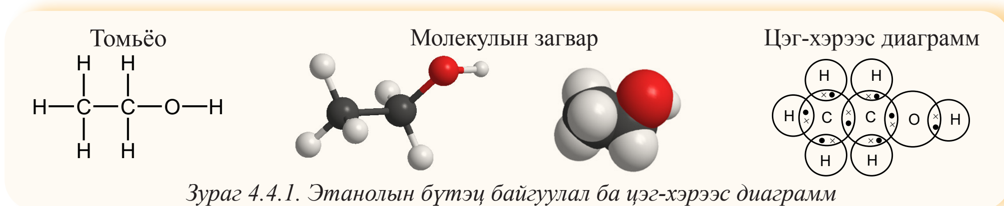
Хүснэгт 4.4.1. Нүүрсустөрөгчдийн хүчилтөрөгчтэй уламжлал

R–OH	R–O–R′	RCHO	RCOR′	RCOOH	RCOOR′
Спирт	Энгийн эфир	Альдегид	Кетон	Карбон хүчил	Нийлмэл эфир

Спирт

Найрлагадаа **-OH** функциональ бүлэг агуулсан $\mathbf{C_nH_{2n+1}OH}$ ерөнхий томьёотой органик нэгдлийг **спирт** гэнэ.

Бүтэц байгуулал. Спиртийн молекул нь C–C, C–O, C–H гэсэн гурван төрлийн ковалентын холбоо агуулдаг. Нүүрстөрөгчийн хоёр атом бүхий спиртийг **этанол** (C_2H_5OH) гэнэ (Зураг 4.4.1).



Зураг 4.4.1. Этанолын бүтэц байгуулал ба цэг-хэрээс диаграмм

Гомолог. Спиртийн гомологийн эхний таван гишүүний нэршил болон физикийн шинж чанарыг хүснэгтээр харуулав (Хүснэгт 4.4.2).

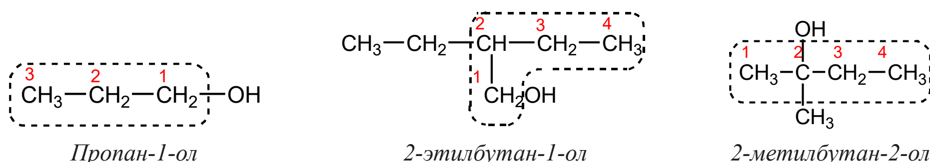
Хүснэгт 4.4.2. Спиртийн гомолог эгнээ

С-ийн атомын тоо	Нэршил	Молекулын томьёо	Хайлах цэг, °C	Буцлах цэг, °C	Уусах чанар, г/100 ус, 25°C
1	метанол	CH_3OH	-94	64.5	хязгааргүй
2	этанол	CH_3CH_2OH	-117	78.3	хязгааргүй
3	пропан-1-ол	$CH_3CH_2CH_2OH$	-127	97.0	хязгааргүй
4	бутан-1-ол	$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	-89	118.0	7.9
5	пентан-1-ол	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$	-78	123.8	2.3

Спиртийн гомологийн эхний таван гишүүн нь өнгөгүй, шингэн. Гомологийн гишүүдийн буцлах цэг хэлхээний нүүрстөрөгчийн атомын тоо нэмэгдэх тутам ихэсдэг. Учир нь хэлхээний нүүрстөрөгчийн атомын тоо нэмэгдсэнээр тухайн молекулын гадаргуугийн

талбай ихсэж, молекул хоорондын таталцлын хүч ихэснэ. Спиртийн ОН бүлгийн нөлөөгөөр ижил тооны нүүрстөрөгчийн атомтай алкан зэрэг нүүрсустөрөгчидтэй харьцуулахад молекул хоорондын таталцлын хүч ихтэй байдаг тул буцлах цэг өндөртэй. Жишээлбэл: этан -89°С, этений буцлах цэг харгалзан -103°С байдаг бол этанолын буцлах цэг 78°С байдаг.

Нэршил. Спиртийг **халагч бүлэг + угтвар +–ан + "–ол"** гэсэн дараалаар нэрлэнэ. –ОН бүлэг агуулсан хамгийн урт хэлхээг сонгож, угтварыг нэрлэнэ. Урт хэлхээний –ОН бүлэг ойр талаас дугаарлаж, халагч бүлэгтэй бол халагч бүлгийн байрлал, нэрийг бичиж, урт хэлхээний нүүрстөрөгчийн атомын тоо (угтвар) + –ан бичиж, ард нь–ол төгсгөл залгана.



Пропан-1-ол *2-этилбутан-1-ол* *2-метилбутан-2-ол*

Метанол болон этанолын хувьд –ОН бүлгийн байрлалыг цифрээр бичих шаардлагагүй.

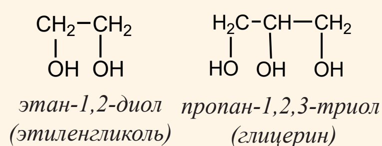
Изомер. Спирт байгууллын гурван төрлийн изомертэй. Пентан-1-олын изомеруудыг авч үзье (Хүснэгт 4.4.3).

Хүснэгт 4.4.3. Пентанолын зарим изомер

Салбарлалтын изомер		Байрлалын изомер	
$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH_2OH$ *2-метилбутан-1-ол*	$H_3C-C(CH_3)_2-CH_2OH$ *2,2-диметилпропан-1-ол*	$CH_3-CH_2-CH_2-CH(OH)-CH_3$ *Пентан-2-ол*	$CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_2-CH_3$ *Пентан-3-ол*
Функциональ бүлгийн изомер			
$H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-O-CH_3$ *Метоксибутан*		$H_3C-CH_2-CH_2-O-CH_2-CH_3$ *Этоксипропан*	

Мэдэхэд илүүдэхгүй

Нэгээс олон **–ОН** бүлэг агуулсан спиртийг **олон атомт спирт** гэнэ. Эдгээр олон атомт спиртүүд нь хайлах, буцлах цэг өндөртэй тул аливаа бүтээгдэхүүнийг хөлдөхөөс сэргийлэхийн тулд нэмэлтээр ашигладаг. Мөн глицерин гурван –ОН бүлэгтэй тул ус сайн татдаг. Энэ шинжийг нь ашиглан гоо сайхны бүтээгдэхүүнд чийгшүүлэгч, зөөлрүүлэгч болгон нэмдэг.



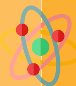
этан-1,2-диол (этиленгликоль) *пропан-1,2,3-триол (глицерин)*

Дасгал

1. Пропанолын бүтцийг а) хураангүй томьёо, б) дэлгэмэл томьёо, в) иштэй бөмбөлөг загвар, г) бөмбөлгөн загвараар тус тус дүрсэлнэ үү.
2. Дараах спиртүүдийг нэрлэнэ үү. Изомерийн ямар төрөл болохыг заана уу?

$H_3C-CH_2-CH_2-CH_2OH$ $H_3C-CH_2-CH(OH)-CH_3$ $H_3C-CH(CH_3)-CH_2(OH)$ $H_3C-C(OH)(CH_3)-CH_3$

3. Гексан-1-ол ($CH_3(CH_2)_5OH$)-ыг үнэртний үйлдвэрт хэрэглэдэг. Цэцэгт ургамлын үнэрийг бүрдүүлдэг нэгдлүүдийн нэг бөгөөд зөгий үнэрээр нь цэцгээс бал цуглуулахаар очдог.



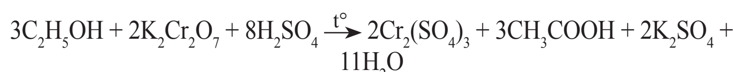
а) Байгууллын бүх изомерийн бүтцийг дэлгэмэл томьёогоор дүрсэлнэ үү.
б) Уг нэгдлийн бүтцийг иштэй бөмбөлөг болон бөмбөлгөн загвараар тус тус дүрсэлнэ үү.

Химийн шинж чанар, хэрэглээ. Спиртийн гол шинж чанарыг түүний –OH функциональ бүлэг тодорхойлдог.

Исэлдэх урвал. – OH бүлгийн нөлөөгөөр спиртүүд химийн идэвхтэй, олон химийн урвалд ордог. Исэлдүүлэгчийн төрөл, хүчээс хамаарч спирт нь шат дараалсан исэлдэх урвалд орно.

$$\underset{\textit{спирт}}{RCH_2OH} \xrightarrow{[O]} \underset{\textit{альдегид}}{RCHO} \xrightarrow{[O]} \underset{\textit{карбон хүчил}}{RCOOH}$$

Исэлдүүлэгчээр $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$-ыг хэрэглэсэн тохиолдолд карбон хүчил үүсгэн исэлддэг. Этанол хүчиллэг орчинд $K_2Cr_2O_7$–оор исэлдэх урвалд хэрхэн орохыг авч үзье:



$$3C_2H_5OH + 2K_2Cr_2O_7 + 8H_2SO_4 \xrightarrow{t^\circ} 2Cr_2(SO_4)_3 + 3CH_3COOH + 2K_2SO_4 + 11H_2O$$

этанол нэмэхээс өмнө | этанол нэмсний дараа

Зураг 4.4.2. Этанолыг таних урвал

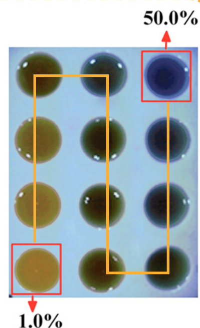
Энэ урвал нь исэлдэх-ангижрах урвал юм. Урвалын дүнд улбар шар өнгөтэй калийн дихроматын ион ногоон өнгөтэй хром (III)-ын ион болж хувирдаг (Зураг 4.4.2). Энэ урвалд үндэслэн согтууруулах ундаа хэрэглэсэн эсэхийг тогтоох багаж бүтээсэн байдаг.

Этанолын исэлдэх урвалыг ашиглан хүнсний болон бусад бүтээгдэхүүн дэх спиртийн агуулгыг тогтоож болно.

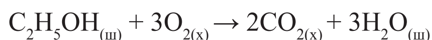
Туршилт

Этанолын концентрацыг тодорхойлох. Дараалсан концентрацтай этанолын уусмал бэлтгэж хүхрийн хүчил, дихроматын уусмал нэмж халааж харьцуулах уусмалуудыг бэлтгэнэ. Дээжин дээр мөн хүчил ба дихромат нэмж халаан дээрх уусмалуудын алинтай нь ойролцоо өнгөтэй байгаагаар нь этанолын концентрацыг баримжаагаар тогтооно.

1. Этанолын концентрац ихсэхийн хэрээр өнгө хэрхэн өөрчлөгдөх вэ?
2. Дихроматын оронд калийн перманганатыг ашиглах боломжтой юу? Хэрэв боломжтой бол өнгөний ямар өөрчлөлт ажиглагдах вэ? Урвалын тэгшитгэлийг бичиж, тэнцүүлнэ үү.



Шатах урвал. Спирт илүүдэл хүчилтөрөгчийн орчинд шатах урвалд орж, нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксид ба ус үүсгэдэг. Энэ урвалын шатахын дулаан 1367 кЖ·моль$^{-1}$ байдаг экзотермийн урвал юм.



$$C_2H_5OH_{(ш)} + 3O_{2(х)} \rightarrow 2CO_{2(х)} + 3H_2O_{(ш)}$$

Ферментацаар этанол гарган авч бензин, дизелийг орлуулах биотүлш болгон хэрэглэдэг.

Дасгал

4. Яагаад спиртэн дэнд этанолыг ашигладаг вэ? Метанолыг ашиглаж болох уу?
5. Пропан-1-олын шатах урвалаар ямар бүтээгдэхүүн үүсэх вэ? Урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү. Шатах урвалын бүтээгдэхүүнийг хэрхэн таних вэ?
6. 4.6 г үл мэдэгдэх спиртийн шаталтаар үүссэн хийг шохойн усан дундуур нэвтрүүлэхэд 20.0 г цагаан өнгийн тунадас үүссэн бол спиртийн томьёог тогтооно уу.

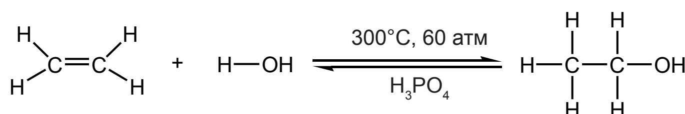
7. Октан, этанолын нягт харгалзан 0.703 г·мл$^{-1}$ ба 0.789 г·мл$^{-1}$ болно. Октан, этанолын шатахын дулаан тус бүр 5450 кЖ·моль$^{-1}$, 1367 кЖ·моль$^{-1}$ бол шингэний шатахын дулаан ялгаруулах чадварыг харьцуулна уу. 1 литр шингэнийг шатахад ялгарах энергийг тооцоолно уу.

Дадлага ажил

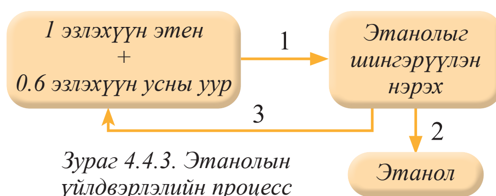
1. Үнэртэй ус, тослог арьсны нүүр цэвэрлэгч, санитол гар ариутгагч, долоогоны хандны шошго цуглуулан найрлагыг нь судална. Эдгээрийн найрлагад этанолын эзлэх хувийг тэмдэглэн бүтээгдэхүүн тус бүрт этанол ямар үүрэгтэй орсон талаар шүүн хэлэлцэнэ үү.

Гарган авах арга. Этанолыг үйлдвэрт а) этений гидратаци, б) ферментацаар гарган авдаг.

Этений гидратаци. Этанолыг хүчлийн катализаторын оролцоотойгоор этенд усыг нэгдүүлэх урвалаар гарган авдаг. Энэхүү урвалд газрын тосны нэрлэгээр үүсэх этенийг түүхий эдээр ашигладаг.



Этений болон усны уурыг 1.0:0.6 гэсэн эзлэхүүний харьцаатайгаар хольж 300°C температур, 60 атм даралтад урвалыг явуулдаг (Зураг 4.4.3). Үйлдвэрийн нөхцөлийг бүтээгдэхүүний гарц, урвалын хурдыг зохистой байхаар сонгодог.



Зураг 4.4.3. Этанолын үйлдвэрлэлийн процесс

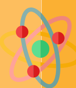
1-р шат. Урвалд этен:уурыг 1:0.6 эзлэхүүний харьцаатайгаар хольж 300°C температур, 60 атм даралтад H_3PO_4 катализатортой явуулна. Энэ шатанд этен:усны уурыг 1:1 эзлэхүүний харьцаатай шаардлагатай боловч үйлдвэрийн нөхцөлд усыг илүүдлээр авснаар катализаторын концентрац багасдаг учраас усны эзлэхүүн (1:0.6)-ийг багаар авдаг.

2-р шат. Үүссэн этанолыг шингэрүүлж нэрэн 96% хүртэл концентрацтай этанол гарган авах боломжтой. Этений гидратаци нь экзотермийн урвал юм. Тиймээс Ле-Шательен зарчмаар температурыг бууруулах нь тэнцвэрийг бүтээгдэхүүн үүсэх чиглэлд шилжүүлнэ. Гэвч температурыг бууруулахад урвалын хурд буурах тул 300°C температурт урвалыг явуулах нь тохиромжтой байдаг.

Бүтээгдэхүүний гарцыг ихэсгэхийн тулд урвалыг өндөр даралтад явуулах шаардлагатай. Ингэснээр молекулуудын мөргөлдөлт олширч урвалын хурд мөн ихэснэ. Гэвч даралтыг өндөр болгох нь үйлдвэрт дараах хүндрэлүүдийг бий болгодог. Үүнд:

- Урвалын цамхагийг даралт тэсвэрлэдэг бат бөх материалаар хийх ёстой, мөн өндөр даралтад энергийн зарцуулалт нэмэгддэг учраас этанолын өөрийн өртөг ихэсдэг.
- Этенийг илүүдлээр авч байгаа тул өндөр даралтад полиэтен үүсэж үйлдвэрийн шугам хоолой битүүрэх эрсдэлтэй. Тиймээс 60-70 атм даралтад урвалыг явуулах нь хамгийн тохиромжтой.

3-р шат. Урвалын цамхагаас гарсан холимгоос этанолыг шингэрүүлж салгаад үлдэгдэл хийг дахин ашигладаг.



Этений гидратацийн урвалын катализатороор анх хүхрийн хүчлийг ашиглаж байсан бөгөөд одоо хоруу чанар багатай фосфорын хүчлийг ашигладаг болжээ.

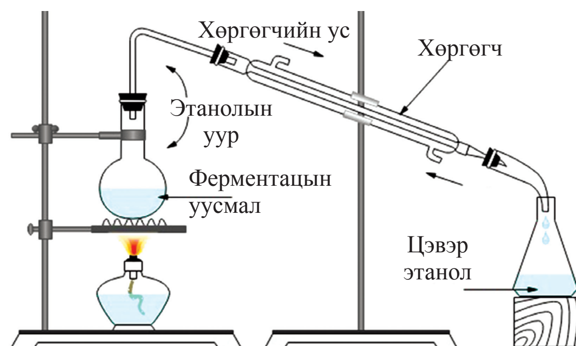
Ферментац. Этанолыг үйлдвэрт ферментацаар гарган авдаг. Хөрөнгө дэх исгэгч (дрожж)-ийн эсэд энзимийн нөлөөгөөр сахар хүчилтөрөгчгүй орчин (анаэробик)-д исэлдэж, нүүрсхүчлийн хий болон этанол эсвэл карбон хүчил үүсгэдэг метаболизмын процессыг **ферментац** гэнэ.

$$C_6H_{12}O_{6(уус)} \xrightarrow{исгэгч} 2C_2H_5OH_{(уус)} + 2CO_{2\,(х)}$$

Манай орны спиртийн үйлдвэр этанолыг улаанбуудайн нүүрс-усыг исгэгчээр ашиглан гарган авдаг. Исгэгч дэх энзим глюкозыг этанолд хувирах урвалыг хурдасгадаг. Энзимийн үйлчлэл хамгийн идэвхтэй байх 37°C температурт ферментацыг явуулдаг. Температурыг нэмэгдүүлбэл энзимийн бүтэц эвдэрч үүргээ гүйцэтгэж чадахгүй болно.

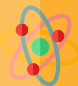
Дарсыг Ойрхи Дорнодоос үүсэлтэй гэж үздэг. Археологийн судалгаагаар Манай эриний 6000 жилийн өмнө Гүрж улсад дарс хэрэглэж байсан ул мөр болох дарсны керамик ваар олдож байжээ. Дарсыг төрөл бүрийн жимсний шүүсийг исгэж үйлдвэрлэдэг. Хамгийн өргөн хэрэглэгддэг жимс нь усан үзэм юм. Манай оронд чацаргана, нэрс зэрэг жимсээр дарс исгэж үйлдвэрлэдэг.

Тараг, хоормог бүрэх, айраг болон дарс исгэх, талх, шар айраг үйлдвэрлэх зэрэг нь бүгд ферментац юм. Тухайлбал: таргийг хонь, үнээний сүүгээр, хоормогийг ингэний сүүгээр бүрдэг бол айргийг гүүний сүүгээр исгэнэ. Монголын уламжлалт аргаар гэрийн нөхцөлд эдгээр сүүн бүтээгдэхүүнийг хийхдээ нэмдэг хөрөнгө нь ферментацыг явуулах исгэгчийг нэмж байгаа явдал юм. Мөн талхны гурилыг зуурч хөөлгөхөд ферментац явагдаж үүссэн CO_2-ийн хийн бөмбөлөг талхыг сэвсгэр сийрэг болгодог.



Зураг 4.4.4. Этанолыг цэвэрлэх энгийн нэрэх багаж

Ферментацаар үүсэх этанолын гарц бага, хольц ихтэй байдаг. Ферментацаар үүссэн этанолыг хольцоос нь цэвэрлэхдээ энгийн нэрэх аргыг ашигладаг (Зураг 4.4.4).



Туршилт

Ферментацаар этанол гаргах. Дулаан газар сахарын уусмалд исгэгч нэмж, долоо хоноулахад ферментац явж үүссэн нүүрстөрөгчийн (IV) оксидыг шохойн усанд нэвтрүүлэх замаар, этанолыг өвөрмөц үнэрээр танина (Зураг 4.4.5).

1. Уусмалд яагаад тосон үе нэмсэн бэ?
2. Исгэгч ямар үүрэгтэй вэ?
3. Сахарын уусмалын оронд өөр уусмал авах боломжтой юу?
4. Сахарын уусмалын исгэгчтэй холимгийг халаахад ямар өөрчлөлт гарах вэ? Хариултаа тайлбарлана уу.

Зураг 4.4.5. Ферментацаар этанол гаргах багаж

Дасгал

8. $CH_2CH_{2(x)} + H_2O_{(x)} \rightleftarrows CH_3CH_2OH_{(x)}$ урвал экзотермийн урвал, тэнцвэр тогтсон системд дараах нөхцөлийн өөрчлөхөд тэнцвэр хэрхэн шилжих вэ?

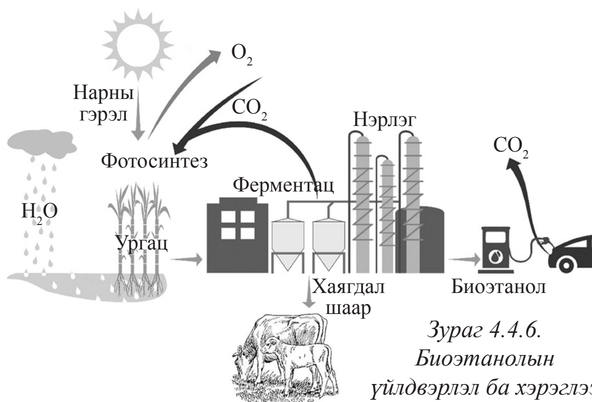
   а) Температурыг нэмэгдүүлэх   б) Даралт ихэсгэх
   в) Этений концентрацыг ихэсгэх   г) Усны концентрацыг ихэсгэх

9. Этанол гарган авах хоёр аргын давуу болон сул талыг түүхий эдийн олдоц, ашиглаж буй бодисын аюулын эрсдэл, үүсэх бүтээгдэхүүний цэвэршлийн зэрэг, зарцуулах хугацаа, нэг моль түүхий эдээс үүсэх бүтээгдэхүүний масс зэрэг шалгуураар харьцуулна уу.
10. Ферментацыг 60% гарцтай явагдсан гэвэл 30 тонн этанол гарган авахын тулд хэдэн тонн глюкоз авах вэ?

Биотүлш

Нүүрс, газрын тосноос гарган авдаг бензин, дизелийг орлох ургамлын түүхий эдээс гарган авсан түлшийг **биотүлш** гэнэ. Биоэтанол, биодизель ба биожет зэрэг гурван төрлийн биотүлш байдаг. Биоэтанолыг ердийн суудлын автомашинд, биодизелийг дизель хөдөлгүүртэй трактор, ачааны машинд, биожетыг онгоцонд тус тус хэрэглэдэг. Биоэтанолыг ургамлын эдийн ферментацаар гарган авдаг бол биодизелийг хаягдал хүнсний тосны эфиржих урвалаар гаргадаг. Харин биожетыг аль аль аргаар нь гарган авдаг.

Биоэтанол. Эрдэнэ шиш, чихрийн манжин зэрэг нүүрс усаар баялаг ургамлын биомассын ферментацаар биоэтанолыг гарган авна (Зураг 4.4.6). Ургамлыг тариалж, биомассыг нь тээрэмдэн жижиглэж, ферментац явуулна. Ферментацаас гарсан шингэнийг нэрж, этанолыг цэвэршүүлж авах ба хаягдал шаарыг малын тэжээлд ашигладаг. Нэрж цэвэрлэсэн этанолыг ердийн бензинд тодорхой хувиар нэмж, автомашины түлш болгож хэрэглэдэг бөгөөд машины хөдөлгүүрийн шаталтаар нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксид үүснэ.



Зураг 4.4.6. Биоэтанолын үйлдвэрлэл ба хэрэглээ

Үүссэн хий фотосинтезийн процессоор эргэн нүүрс-ус болж ургамалд нийлэгжинэ. Иймээс биоэтанол үйлдвэрлэх процесс нь хүрээлэн буй орчинд ээлтэй, хаягдалгүй технологи юм.

Биотүлшийг Е үсгээр тэмдэглэдэг ба ард байгаа тоо нь уг түлшин дэх этанолын агуулгыг заана. Тухайлбал: Е85 түлш 85% этанол, 15% бензин агуулдаг. Хэрэв дэлхийн бензиний хэрэглээг Е85 түлшээр орлуулбал хүлэмжийн хийг 37% бууруулах боломжтой гэсэн судалгаа байдаг. Түлшний найрлага дахь этанол 25% хүртэл агууламжтай бол машины хөдөлгүүрийг өөрчлөх шаардлагагүй. Харин түүнээс дээш агуулгатай бол биоэтанолын шаталтад зориулагдсан тусгай хөдөлгүүр зайлшгүй шаардлагатай.

Биотүлшний сул тал	Биотүлшний давуу тал
• Түүхий эд тариалах талбай шаардлагатай, • Түлшний дулаан ялгаруулах чадвар харьцангуй бага, • Тусгай зориулалтын хөдөлгүүр шаардлагатай, • Дэгдэмхий чанар бага тул хүйтний улиралд тохиромжгүй, • Химийн идэвх сайтай тул хадгалах, тээвэрлэхэд хүндрэлтэй.	• Түүхий эд нь сахар, цардуул, агуулсан ямар ч ургамал байж болох тул нөхөн сэргээгддэг, • Ялгарсан CO_2 хий ургамлын фотосинтезэд, шаарыг малын тэжээлд тус тус ашигладаг тул хаягдалгүй технологи, • Хүчилтөрөгчийн агуулгатай тул бүрэн шатдаг учраас хүлэмжийн хийн нөлөөг бууруулна, • Асгарсан тохиолдолд этанол хөрсийг бохирдуулахгүй, биозадралд хялбар ордог.

Зураг 4.4.7. Биоэтанол хэрэглэхийн давуу ба сул тал

Дасгал

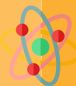
11. Этанол болон октан нь хүчилтөрөгч дутмаг нөхцөлд дутуу шаталт явагдаж, нүүрстөрөгч (II)-ийн оксид ба ус үүсгэдэг. 1 моль эдгээр шингэний шатах урвалын тэгшитгэлийг бичиж, үүсэх нүүрстөрөгч (II)-ийн оксидын эзлэхүүнийг стандарт нөхцөлд тооцоолно уу.
12. 1 литр Е85 түлшний дулаан ялгаруулах чадварыг тооцоолно уу. Октан, этанолын нягт харгалзан 0.703 г·мл$^{-1}$ ба 0.789 г·мл$^{-1}$, шатахын дулаан 5450 кЖ·моль$^{-1}$ ба 1367 кЖ·моль$^{-1}$.

Дадлага ажил

2. Биоэтанол болон бензиний хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх эерэг болон сөрөг нөлөөний талаар мэдээллийг цуглуулж судлан манай улсад биоэтанол хэрэглэх боломжийн талаар хэлэлцэнэ үү.

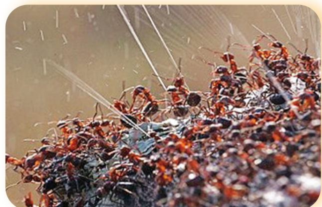
Дэд бүлгийн дүгнэлт

- Спирт нь нэг ба түүнээс дээш -OH функциональ бүлэг агуулдаг. Нэг гидроксиль бүлэг агуулсан спирт дараалсан исэлдэх урвалд орж альдегид, карбон хүчил үүсгэдэг.
- Этанолыг байгалийн түүхий эд болох ургамлаас ферментацаар гарган авч бензин орлуулдаг биотүлш болгон ашигладаг.



4.5. КАРБОН ХҮЧИЛ

Түлхүүр үг. Шоргоолжны хүчил, Цууны хүчил, Нийлмэл эфир.

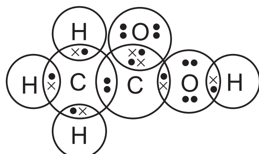


Улаан шоргоолж болон модны энгийн шоргоолж нь хурц үнэртэй, өнгөгүй, метаны хүчил ялгаруулан үүрээ хамгаалдаг байна. Метаны хүчлийг шоргоолжны хүчил гэж түүхэн нэрээр нэрлэсэн байдаг.

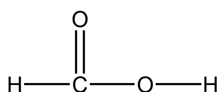
Цагаан цуур хүнсэнд зууш, салат амтлах, өргөст хэмх, байцаа, улаан лооль зэрэг төрөл бүрийн ногоог даршлахад хэрэглэдэг. Хүнсний цагаан цуу 4-18% этаны хүчил агуулна. Этаны хүчлийг цуунаас ялган авсан учраас цууны хүчил гэж түүхэн нэрээр нэрлэх нь түгээмэл байдаг.

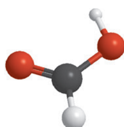
Бүтэц байгуулал, шинж чанар

Найрлагадаа –COOH функциональ бүлэг агуулсан RCOOH эсвэл RCO_2H ерөнхий томьёотой органик нэгдлийг **карбон хүчил** гэнэ. Этаны хүчлийн молекулд нүүрстөрөгч-устөрөгчийн (C-H), нүүрстөрөгч-нүүрстөрөгчийн (C-C), хүчилтөрөгч-устөрөгчийн (O-H) зэрэг атомууд дан, нүүрстөрөгч-хүчилтөрөгчийн (C=O) хоёрлосон ковалентын холбоог үүсгэнэ. Карбон хүчлийн гомологийн эхний хоёр гишүүний байгууллын дэлгэмэл томьёо, иштэй бөмбөлөг загварыг харуулъя.

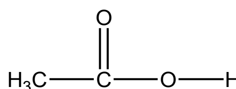


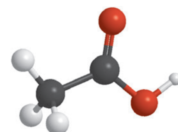
Зураг 4.5.1. Этаны хүчлийн цэг-хэрээс диаграмм





Метаны хүчлийн молекулын байгуулал





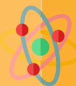
Этаны хүчлийн молекулын байгуулал

Гомолог. Карбон хүчил функциональ бүлгээрээ адил гомолог эгнээг үүсгэдэг. Карбон хүчлийн гомолог эгнээний эхний таван нэгдлийн томьёо нэршил, шинж чанарыг жишээ болгон харуууллаа (Хүснэгт 3.2.1). Карбон хүчил байгаль дээр өргөн тархсан учраас түүхэн нэрээр нэрлэх нь түгээмэл байдаг.

Карбон хүчлийн гомолог эгнээний дагуу нүүрстөрөгчийн атомын тоо ихсэхэд молекулын гадаргуугийн талбай болон молекул масс ихсэнэ. Энэ нь молекул хоорондын таталцлын хүчийг ихэсгэх тул буцлах цэг өсдөг. Цөөн нүүрстөрөгчийн атомын тоотой карбон хүчлүүд нь ус болон спиртэнд сайн уусдаг, өнгөгүй шингэн байдаг. Карбон хүчлүүдээс этаны хүчлийг ахуйд болон лабораторид өргөн хэрэглэдэг.

Хүснэгт 3.2.1. Карбон хүчлийн гомологийн эхний 5 гишүүн, шинж чанар

Байгууллын томьёо	Түүхэн нэр	Нэр	Буцлах цэг, °C
HCOOH	Шоргоолжны хүчил	Метаны хүчил	101
CH_3COOH	Цууны хүчил	Этаны хүчил	118
C_2H_5COOH	Пропионы хүчил	Пропаны хүчил	141
C_3H_7COOH	Тосны хүчил	Бутаны хүчил	163
C_4H_9COOH	Бамбайн хүчил	Пентаны хүчил	186

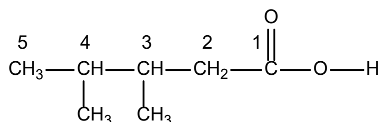


Санамж

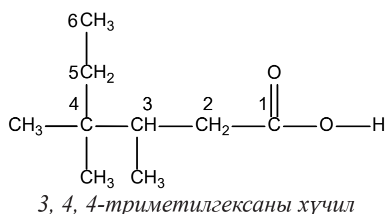
Цууны хүчил
Шатамхай
CH_3COOH
Идэмхий
d=1.049 г·см$^{-3}$

Этаны хүчлийн усан уусмал нь шатамхай, идэмхий, арьсан дээр дусвал цэврүү үүсгэдэг. Этаны хүчилд хордвол ханиалгах, амьсгал боогдох, амьсгалын замын хүнд хэлбэрийн цочролд орж нүд улайх, загатнах шинж тэмдэг илэрдэг. Лабораторид 70% концентрацтай хүчлийг шингэрүүлэн хэрэглэдэг. Цууны хүчилтэй ажиллахдаа бээлий, нүдний шилтэй ажилладаг.

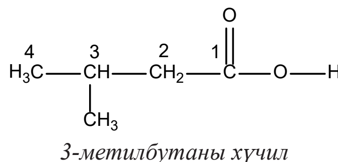
Нэршил. Салбарласан бүтэцтэй карбон хүчлийг **халагч + угтвар + аны хүчил** гэсэн дүрмийн дагуу нэрлэдэг.



1. Карбоксилийн бүлэг агуулсан нүүрстөрөгчийн атомын хамгийн урт, олон халагчтай хэлхээг олж, –COOH бүлгийн нүүрстөрөгчөөс эхлэн цифрээр дугаарлаж, үндсэн хэлхээгээр сонгоно.
2. Халагч бүлгийн байрлалыг зааж, нэрлэнэ: *3, 4-диметил*
3. Карбон хүчлийг халагч бүлгийн байрлалыг зааж нэрлээд үндсэн хэлхээний нүүрстөрөгчийн тооны угтварт аны хүчил залгаж нэрлэнэ. *3,4-диметилпентаны хүчил*



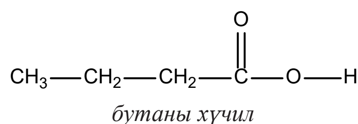
3, 4, 4-триметилгексаны хүчил



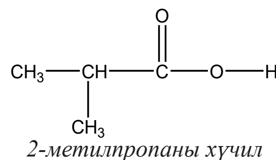
3-метилбутаны хүчил

Изомер. Карбон хүчил салбарлалтын, функциональ бүлгийн изомер үүсгэдэг. Жишээлбэл: тосны хүчил нь салбарлалтын 2 изомер, функциональ бүлгийн 1 изомерийг харууллаа.

Салбарлалтын

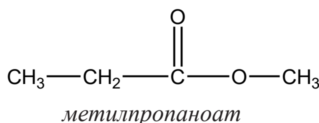


бутаны хүчил



2-метилпропаны хүчил

Функциональ бүлгийн



метилпропаноат

Карбон хүчил, нийлмэл эфир нь функциональ бүлгийн изомер нэгдлүүд юм. Жишээлбэл: Бутаны хүчил нь метилпропаноат нийлмэл эфиртэй функциональ бүлгийн изомер байна.

Жишээ дасгал

1. Нэгэн органик нэгдэл дэх нүүрстөрөгч, устөрөгч, хүчилтөрөгчийн массын хувь харгалзан 62.04%, 10.41%, 27.55% байдаг. Энэхүү нэгдлийн молийн масс M = 116.16 г·моль$^{-1}$ байна.
а) Энэхүү нэгдлийн молекулын томьёог олно уу.
б) Энэхүү нэгдлийн салбарлалтын, функциональ бүлгийн изомерийг бичиж, нэрлээрэй.

Жишээ дасгал

Бодолт: а) Молекулын томьёог олъё.

1. Нүүрстөрөгч, устөрөгч, хүчилтөрөгчийн молийн масс, элементийн массын хувийг ашиглан элемент тус бүрийн массыг тооцоолно. 1 моль молекулын масс нь 116.16 г байна.

$$m(\mathrm{C})=\frac{62.04\%\cdot116.16\ \text{г}}{100\%}=72.065\ \text{г} \qquad m(\mathrm{H})=\frac{10.41\%\cdot116.16\ \text{г}}{100\%}=12.092\ \text{г}$$

$$m(\mathrm{O})=\frac{27.55\%\cdot116.16}{100\%}=32.002\ \text{г}$$

2. Органик нэгдэлд агуулагдах элемент тус бүрийн молийг олно.

$$n(\mathrm{C})=\frac{72.065\ \text{г}}{12.011\ \text{г}\cdot\text{моль}^{-1}}=6\ \text{моль} \qquad n(\mathrm{H})=\frac{12.092\ \text{г}}{1.008\ \text{г}\cdot\text{моль}^{-1}}=12\ \text{моль}$$

$$n(\mathrm{O})=\frac{32.002\ \text{г}}{15.999\ \text{г}\cdot\text{моль}^{-1}}=2\ \text{моль}$$

3. Органик нэгдэл дэх элементүүдийн атомын хамгийн бага бүхэл тоон харьцааг олж, эмпирик томьёог гаргая.

   6 моль:12 моль:2 моль = 3 моль С: 6 моль О:1 моль Н Иймд: Эмпирик томьёо: $C_3H_6O_1$

4. Эмпирик томьёонд харгалзах молийн массыг олъё.

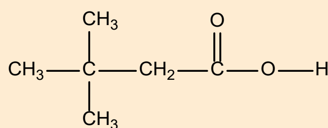
$$M(C_3H_6O_1) = 3\cdot12.011 + 6\cdot1.008 + 1\cdot15.999 = 58.08\ \text{г}\cdot\text{моль}^{-1}$$

5. Эмпирик томьёонд харгалзах масс бодит молийн массаас хэд дахин бага болохыг илтгэх хам үржигдэхүүнийг гаргая. $116.16\ \text{г}\cdot\text{моль}^{-1}/(58.08\ \text{г}\cdot\text{моль}^{-1})=2$

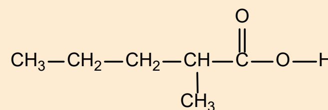
6. Молекулын томьёо: $(C_3H_6O_1)\cdot2$ буюу $C_6H_{12}O_2$ болно.

б) Салбарлалтын болон функциональ бүлгийн изомерийг бичиж, нэрлэе.

Салбарлалтын

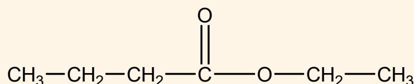


3,3-диметилбутаны хүчил

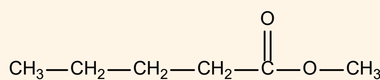


2-метилпентаны хүчил

Функциональ бүлгийн



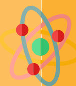
этилбутаноат



метилпентаноат

Дасгал

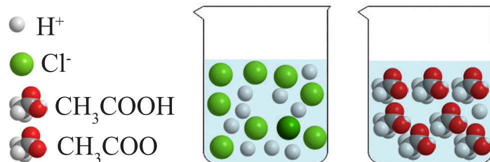
1. Карбон хүчлийн буцлах цэг нүүрстөрөгчийн атомын тооноос хамаарсан график зурж, зүй тогтлыг тайлбарлана уу.
2. Гексаны хүчил, октаны хүчлийн байгууллын дэлгэмэл томьёог бичнэ үү. Аль нь буцлах цэг багатай вэ? Яагаад?
3. Өгөгдсөн нэгдлүүдийн байгууллын хураангуй томьёог бичээрэй. а) 2,2-диметил-3-этилгептаны хүчил, б) 2-метил-3-пропилоктаны хүчил, в) 3-метилбутаны хүчил, г) метилбутаноат
4. $C_6H_{12}O_2$ ерөнхий томьёонд харгалзах салбарлалт, функциональ бүлгийн карбоксиль, эфирийн бүлэгтэй изомерийн томьёог бичиж, нэрлэнэ үү.



Этаны хүчлийн усан уусмалын хүчиллэг шинж

Хүчлийн усан уусмалд устөрөгчийн ион (H^+)-ы тоо хэмжээ их байдаг боловч хүчтэй сул хүчил бүрт харилцан адилгүй байдаг. Карбон хүчлийн сул хүчиллэг шинжийг этаны хүчлээр жишээлэн хүчтэй хүчил болох давсны хүчилтэй харьцуулан тайлбарлая.

Этаны хүчил нь усанд уусахдаа цөөн тооны устөрөгчийн ион (H^+) үүсгэх ба ихэнх нь молекул хэлбэрт оршдог тул сул хүчиллэг шинжтэй байна. Харин устөрөгчийн хлорид нь усанд уусcан бүх молекулууд нь устөрөгчийн ион (H^+) үүсгэх тул хүчтэй хүчил байна.



Зураг 4.5.2. Сул ба хүчтэй хүчлийн усан уусмал дахь жижиг хэсгүүд

Туршилт

1. 1 моль·дм$^{-3}$ цууны хүчил, давсны хүчлийн уусмалын орчныг универсал индикатораар шалгахад устөрөгчийн хлорид pH=1, этаны хүчил pH=5 орчим байна. Хүчиллэг орчинд универсал индикаторын өнгө улаан болох ба pH<7 байдгийг мэднэ. Иймээс этаны хүчил нь өнгө бүдэг улаан байгаа нь сул хүчиллэг шинжтэй, сул электролит болохыг илэрхийлнэ.

Санамж

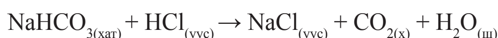
Туршилтын үед үл хамаарах хувьсагч, хамаарах хувьсагч, хяналтын буюу тогтмол хувьсагчийг тодорхойлох нь чухал. Өгсөн туршилтын хувьд эдгээр хувьсагчийг ялгая.

- Үл хамаарах хувьсагч: этаны хүчлийн уусмал, давсны хүчлийн уусмал
- Хамаарах хувьсагч: универсал индикаторын өнгө буюу pH
- Хяналтын буюу тогтмол хувьсагч: этаны хүчлийн уусмал, давсны хүчлийн уусмалын концентрац, индикаторын төрөл

Этаны хүчлийн сул хүчиллэг шинжийг натрийн гидрокарбонат, металл магнитай урвалд оруулж давсны хүчлийн хүчтэй хүчиллэг шинжтэй харьцуулах туршилт хийе.

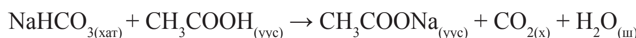
Туршилт

2. Натрийн гидрокарбонат давсны хүчлийн уусмалтай эрчимтэй урвалд орно.



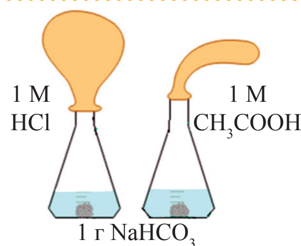
$$NaHCO_{3(хат)} + HCl_{(уус)} \rightarrow NaCl_{(уус)} + CO_{2(х)} + H_2O_{(ш)}$$

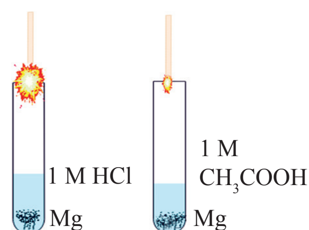
Цууны хүчил натрийн гидрокарбонаттай аажим урвалд орж натрийн этаноат, нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксид үүснэ.



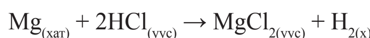
$$NaHCO_{3(хат)} + CH_3COOH_{(уус)} \rightarrow CH_3COONa_{(уус)} + CO_{2(х)} + H_2O_{(ш)}$$

Этаны хүчилтэй явагдсан урвалаас үүссэн нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксидын эзлэхүүн бага байна.



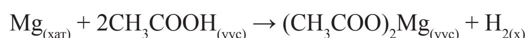


3. Магни давсны хүчлийн уусмалтай эрчимтэй урвалд орно.



$$Mg_{(хат)} + 2HCl_{(уус)} \rightarrow MgCl_{2(уус)} + H_{2(х)}$$

Цууны хүчил нь магнитай аажим урвалд орж этаноат магни, устөрөгч хийг үүсгэнэ.



$$Mg_{(хат)} + 2CH_3COOH_{(уус)} \rightarrow (CH_3COO)_2Mg_{(уус)} + H_{2(х)}$$

Үүссэн устөрөгч хийг танихын тулд асаасан чүдэнз ойртуулахад устөрөгч хий тэсрэх дуу, галын дөлний эрчим сул байдаг.

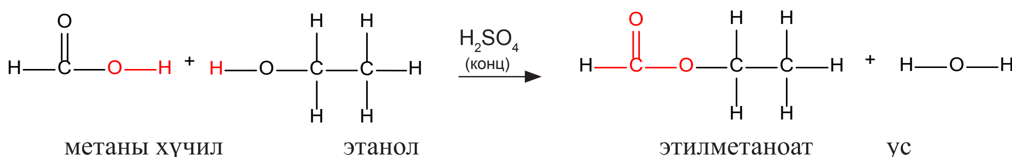
Асуулт

1. Туршилт 2, 3-т үл хамаарах, хамаарах болон тогтмол хувьсагчийг тогтооно уу.

Туршилт	Үл хамаарах хувьсагч	Хамаарах	Хяналтын/Тогтмол хувьсагч
2			
3			

2. Туршилтын үр дүнд үндэслэн этаны хүчлийн усан уусмалын хүчиллэг шинжийг тайлбарлан бичнэ үү.
3. Лабораторид хүчилтэй ажиллахад ямар аюулгүй ажиллагааны дүрэм баримтлах вэ?

Карбон хүчил нь спирттэй концентрацтай хүхрийн хүчил (H_2SO_4)-ийн катализаторын оролцоотой урвалд орж нийлмэл эфир үүсгэдэг. Энэ урвалыг **эфиржих урвал** гэнэ. Жишээлбэл:

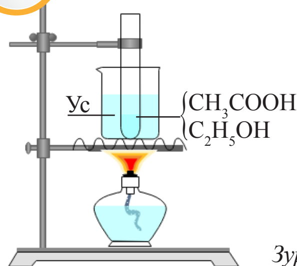


метаны хүчил   этанол   этилметаноат   ус

R—C(=O)—O—R'

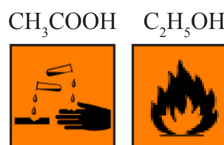
Найрлагадаа –COO- буюу эфирийн холбоо агуулсан RCOOR′ гэсэн ерөнхий томьёотой органик нэгдлийг **нийлмэл эфир** гэнэ. Нийлмэл эфирийг нэрлэхдээ **R′-халагч бүлэг + R- карбон хүчлийн үндсэн хэлхээг нэрлэх угтвар +оат** гэсэн дүрмийн дагуу нэрлэнэ. Бага молекул масстай эфирүүд ууршимтгай, сэнгэнэсэн сайхан үнэртэй, байгальд цэцэг, модны навч, жимсэнд ихээр агуулагддаг.

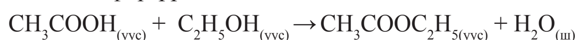
Туршилт



Этаны хүчлийн уусмал руу этанол нэмж дээр нь концентрацтай хүхрийн хүчил (H_2SO_4) дусаагаад халаахад хэсэг хугацааны дараа сэнгэнэсэн анхилуун үнэр гарна. Энэ нь этилэтаноат эфир үүссэнийг илтгэнэ.

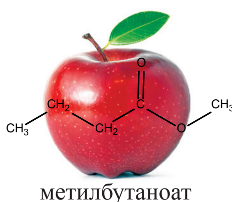
CH_3COOH C_2H_5OH



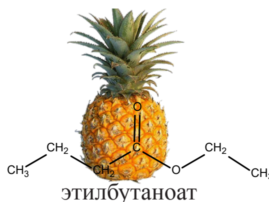


$$CH_3COOH_{(уус)} + C_2H_5OH_{(уус)} \rightarrow CH_3COOC_2H_{5(уус)} + H_2O_{(ш)}$$

Зураг 4.5.3. Нийлмэл эфир гарган авах багаж

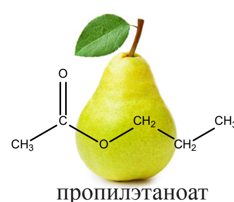


метилбутаноат



этилбутаноат

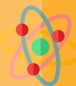
октилэтаноат



пропилэтаноат

Зураг 4.5.4. Жимсэнд агуулагдах нийлмэл эфир

Нийлмэл эфир төрөл бүрийн жимсэнд агуулагддаг. Жимсний тансаг сайхан үнэр нь байгалийн нийлмэл эфирийн үнэр юм (Зураг 4.5.4). Жимснээс эфирийг ялган авч хүнсэнд амт, үнэр оруулагчаар хэрэглэдэг. Нийлмэл эфирийг үнэртэй ус, гоо сайхны бүтээгдэхүүн, саван, шампунь болон хуванцар, полимер материал үйлдвэрлэхэд ашигладаг. Мөн нийлмэл эфир нь органик уусгагч болно.



Дасгал

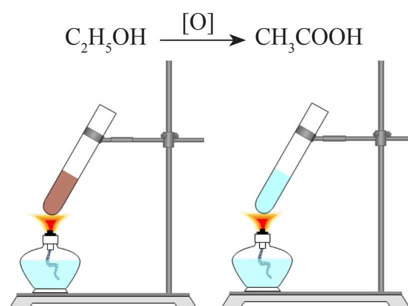
5. 0.1 моль·л$^{-1}$ концентрацтай 10 см^3 цууны хүчлийн уусмал дээр 1 г натрийн гидрокарбонатын нунтгийг нэмэхэд үүссэн нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксидын эзлэхүүнийг стандарт даралт, температурт олно уу.
6. Өгсөн нэгдлүүдийг нэрлээд ерөнхий томьёог бичнэ үү.

$H_3C-HC(H_3C)-CH_2-C(=O)-O-H$ $\quad$ $CH_3-C(=O)-O-H$ $\quad$ $H_3C-C(CH_3)(CH_3)-CH_2-C(=O)-O-H$

7. Исэлдэх, исэх урвалын ялгааг тайлбарлана уу.
8. Пропан-1-олын 0.25 М концентрацтай 19 мл эзлэхүүнтэй усан уусмал дээр пропаны хүчлийн 0.25 М концентрацтай 18.5 мл эзлэхүүнтэй усан уусмал нэмж, 5 дусал концентрацтай хүхрийн хүчил дусаажээ. Үүссэн эфирийн массыг олно уу. Эфирийн гарц 100% болно.

Карбон хүчил гарган авах

Этаны хүчлийг лабораторид этанолыг хүчиллэг орчинд хүчтэй исэлдүүлэгч калийн перманганатаар исэлдүүлэх, үйлдвэрт этанолын энзимийн нөлөөгөөр явагдах ферментацаар тус тус гарган авдаг. Этанолын өнгөгүй уусмал дээр хүчиллэгжүүлсэн калийн перманганатын уусмалыг нэмээд хутгахад уусмал бор хүрэн өнгөтэй болно. Уусмалыг халаахад уусмалын өнгө аажим бүдгэрч өнгөгүй манган (II)-ы сульфатын уусмал үүснэ.



Зураг 4.5.5. Этанол исэлдэж этаны хүчил үүсэх туршилт

$$5C_2H_5OH_{(уус)} + 4KMnO_{4(уус)} + 6H_2SO_{4(уус)} \rightarrow 5CH_3COOH_{(уус)} + 4MnSO_{4(уус)} + 2K_2SO_{4(уус)} + 11H_2O_{(ш)}$$

Үйлдвэрт ургамлын биомассын анаэробик нөхцөлд исгэгчийг биокатализатор болгон ашиглан ферментацаар этанол гарган авдаг билээ. Үүссэн этанол нь хүчилтөрөгч хангалттай үед энзимийн нөлөөгөөр дахин исэлдэж цууны хүчлийг үүсгэдэг. Энэхүү энзим нь цууны бактери (acetobacter) юм.

$$C_2H_5OH_{(уус)} + O_{2(х)} \xrightarrow{энзим} CH_3COOH_{(уус)} + H_2O_{(ш)}$$

Мэдэхэд илүүдэхгүй

Үнэртэн гаргах технологи МЭӨ 4000 жилийн өмнө эртний Грекийн Вавилон хотоос эхлэлтэй. Египетийн хатан хаан Клеопатра шинжлэх ухааны олон талын мэдлэгтэй бөгөөд үнэртнийг маш их сонирхдог байжээ. Эртний үнэртний жор нь энгийн бөгөөд үнэртэн агуулсан тос, ургамлын гаралтай тосыг хольж гарган авдаг байжээ. Орчин үед янз бүрийн аргаар төрөл бүрийн үнэртэн үйлдвэрлэж байна. Үүний нэг нь хатан хаан Клеопатрогийн нэртэй сүрчиг юм.

Дэд бүлгийн дүгнэлт

- Карбон хүчил RCOOH буюу RCO_2H гэсэн ерөнхий томьёотой органик нэгдэл юм.
- Карбон хүчил усанд уусахдаа цөөн тооны устөрөгчийн ион (H^+) үүсэж, ихэнх нь молекул хэлбэрээр байдаг учраас сул хүчиллэг шинж үзүүлдэг.
- Этаны хүчлийг лабораторид хүчиллэг орчинд этанолыг хүчтэй исэлдүүлэгч болох калийн перманганатаар исэлдүүлэх урвал болон ферментацаар гарган авдаг.

4.6. МАКРОМОЛЕКУЛТ НЭГДЭЛ

Түлхүүр үг. Мономер, Полимер, Полимержих урвал, Поликонденсац, Бүтцийн нэгж.

Хуванцар нь синтезийн полимерийн нэг юм. Адидас компани "UltraBoost Uncaged Parley" нэртэй гүйлтийн хөнгөн шинэ пүүз үйлдвэрлэж эхэлсэн бөгөөд пүүзний өсгий, доторлогоо болон хоншоорыг хийхийн тулд далайд хаягдсан хуванцарыг дахин боловсруулсан материалуудыг ашиглажээ.

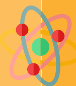
Ямааны ноолуур нь байгалийн полимер юм. Ноолуур нь тансаг, зөөлөн, маш дулаан бөгөөд дэлхийд алдартай. Манай орон жилд 9000 орчим тонн ноос бэлтгэж 812500 ширхэг ноолууран бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэдэг нь дэлхийн ноолуурын хэрэгцээний 40%, ноолууран бүтээгдэхүүний 20%-ийг хангадаг.

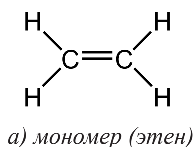
Өндөр молекул масстай том молекултай нэгдлийг **макромолекулт нэгдэл** гэнэ. Жижиг молекулт нэгдлүүд өөр хоорондоо олон дахин давтагдаж үүссэн макромолекулт нэгдлийг **полимер** гэнэ. Полимерийг байгалийн болон синтезийн полимер гэж ангилдаг.

Полимер нь бидний эргэн тойронд маш өргөн тархсан байдаг. Ноос, арьс, цардуул нь **байгалийн полимерүүд** юм. Хүн төрөлхтөн өөрсдийн ахуйн хэрэгцээнд зориулж химийн урвалаар гарган авсан полимерийг **синтезийн полимер** гэнэ (Зураг 4.6.1). Тухайлбал: синтезийн полимерт хүний гараар бүтээгдсэн гялгар уут, хуванцар, найлон зэрэг багтана.

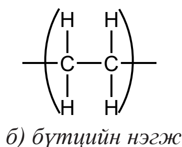
Зураг 4.6.1. Полимерийн ангилал

Полимер нь Грекээр поли –олон, мер – жижиг хэсэг утгатай. **Мономер** (моно - нэг) гэдэг нь хүзүүний зүүлт шиг олон дахин давтагдан нэгдэж буй бага молекулт нэгдэл юм. Жишээлбэл: этений молекулууд нэгдэж полимер үүсгэдэг ба мономер нь этен юм. Полимерийн олон дахин давтагдаж байгаа хамгийн бага нэгжийг **бүтцийн нэгж** гэнэ. Этенээс үүссэн полимерийн молекулын бүтцийн нэгж нь $–(–CH_2–CH_2–)–$ юм. Полимерийн шинж чанарт түүний мономерийн бүтэц хамаатай. Тиймээс нэрлэхдээ ихэвчлэн мономерийн нэрийн өмнө поли- гэсэн угтвар залгаж нэрлэдэг. Полимерийн бүтцийг томьёогоор илэрхийлэхдээ хаалтанд бүтцийн нэгжийг бичиж хаалтны гадна давтагдах тоо буюу ***n***-ийг бичдэг.

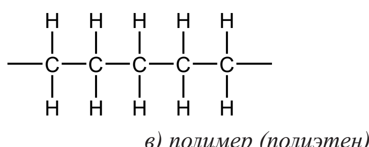


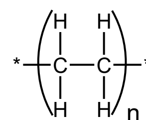


а) мономер (этен)



б) бүтцийн нэгж



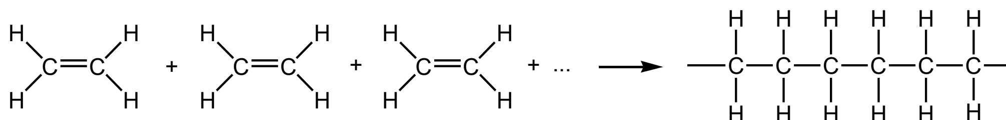


в) полимер (полиэтен)

Синтезийн полимер

Синтезийн полимерийг полимержих урвал ба поликонденсацаар гарган авдаг.

Полимержих урвал. Хоёрлосон холбоо агуулсан мономероос үүсдэг полимеруудыг нэгдэх урвалаар гарган авдаг ба үүнийг **полимержих урвал** гэнэ. Полиэтенийг гарган авах урвалыг авч үзье. Урвалд мономерийн хоёрлосон холбоо тасарч шинээр хоёр дан холбоо үүсдэг (120-р тал харах).



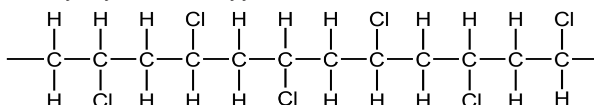
Этенээс гадна пропен, хлороэтен, этенилбензол, тетрафтороэтен зэрэг нэгдлүүдийн полимержих урвалаар полимер гарган авч өргөн хэрэглээний бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэдэг (Хүснэгт 4.6.1).

Хүснэгт 4.6.1. Полимержих урвалаар үүсдэг полимер

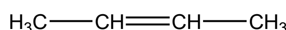
Полимер	Бүтэц	Хэрэглээ
Полиэтенийг гялгар уут, усны хуванцар сав хийхэд ашигладаг.	$*-(CH_2-CH_2)_n-*$	
Полипропений гинжин хэлхээ $-CH_3$ халагчтай тул полиэтенийг бодвол хөнгөн, хайлах цэг өндөр, хатуу, химийн урвал болон органик уусгагчид илүү тэсвэртэй.	$*-(CH(CH_3)-CH_2)_n-*$	
Поливинилхлорид нь ус нэвтэрдэггүй, маш хатуу, хугарамхай, галыг дэмждэггүй. Учир нь түүний шаталтаар үүсэх хлор галыг агаарын хүчилтөрөгчөөс тусгаарладаг.	$*-(CH_2-CHCl)_n-*$	
Полистирол сийрэг, нягт багатай хөнгөн тул дулаан тусгаарлагч шинж чанартай. Тоног төхөөрөмж, эд зүйлсийг тээвэрлэхэд зөөлөвч жийргэвч, барилгад дулаалагч хавтан болгон ашигладаг.	$*-(CH(C_6H_5)-CH_2)_n-*$	
Политетрафтороэтений фторын нөлөөгөөр бусад молекулыг, тухайлбал: усны молекулыг түлхдэг учраас наалддаггүй хайруулын таваг хийдэг. Мөн усанд тэсвэртэй тул хиймэл эрхтэн, усны шугамын хоолой зэргийг хийхэд ашигладаг.	$*-(CF_2-CF_2)_n-*$	

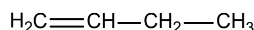
Дасгал

1. Пропений хувьд а) Таван мономероос тогтсон полимерийн бүтэц, б) Бүтцийн нэгж, в) Үүсэх полимерийг тус тус нэрлэнэ үү.
2. Полимерийн бүтцэд үндэслэн мономерийн бүтэц, давтагдах тоо, полимерийн бүтэц, бүтцийн нэгжийг тус тус тогтооно уу.

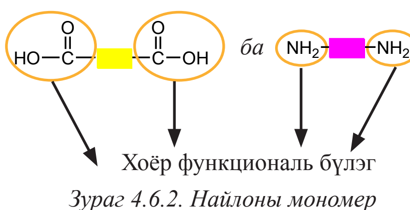


3. Полистирол болон политетрафтороэтений бүтцэд үндэслэн бүтцийн нэгж, мономерийн бүтцийг тус тус тогтооно уу. Хэрэглээг нь бүтцэд үндэслэн шүүн хэлэлцэнэ үү.
4. Дараах нэгдлүүдээс үүсэх полимерийн бүтцийн нэгж болон бүтцийг дүрсэлнэ үү.





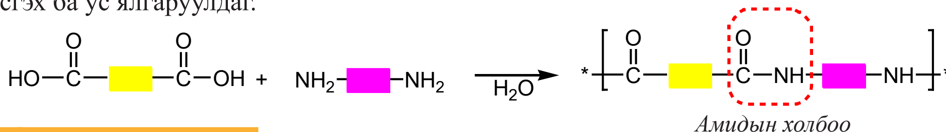
Поликонденсац. Мономерүүд өөр хоорондоо нэгдэж ус, нүүрстөрөгч (IV)-ийн оксид, устөрөгчийн хлорид зэрэг бага молекулт нэгдлийг ялгаруулах замаар полимер үүсгэж байвал **поликонденсац** гэнэ. Энэ аргаар гарган авдаг полимер хоёр өөр мономер (карбоксил ба амин)-оос тогтох ба мономер бүр хоёр функциональ бүлэг агуулдаг. Жишээлбэл: хувцас үйлдвэрлэлд өргөн хэрэглэгддэг торгомсог материал болох найлон нь Зураг 4.6.2-т үзүүлсэн хоёр мономероос тогтоно. Найлоны мономерүүдын холбогдсон –CO–NH– холбоог амидын холбоо гэх ба полимерт маш олон тоотой үүсэх тул **полиамидын холбоо** ч гэнэ. Мономерууд өөр хоорондоо нэгдэж, найлон үүсгэх ба ус ялгаруулдаг.



Зураг 4.6.2. Найлоны мономер

Санамж

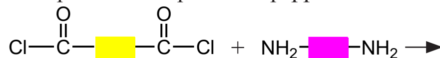
Эдгээр нь поликонденсацын полимерийн бүтцийн нүүрсустөрөгчийн хэлхээг илэрхийлдэг.



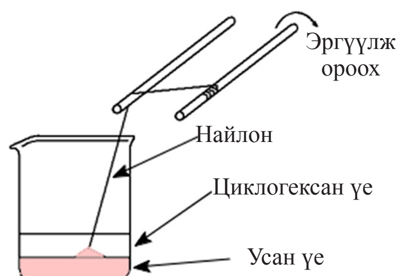
Туршилт

Найлон гарган авах. Гексаметилендиаминыг усанд, себакоилхлоридыг циклогександ тус тус уусгаж, нэг шилэн аяганд холиход хоёр үе үүснэ. Үүссэн хоёр үеийн зааг дээр найлон үүсэх ба шилэн саваанд ороох замаар найлон утсаа уусмалаас салгана.

1. Урвалаас ямар полимер үүсэх вэ?

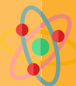


2. Найлон аль үед үүсэж байна вэ?
3. Урвалаас ямар бага молекул нэгдэл ялгарах вэ?

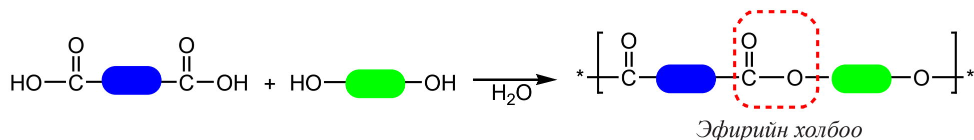


Зураг 4.6.3. Найлон гарган авах туршилт

Хувцасны материалд өргөн хэрэглэгддэг полимер бол полиэфир юм. Полиэфир агшилт, суналт багатай, хурдан хатаж, амархан угаагддаг чанартай тул хөвөн даавуун утастай хольж, хувцас болон бусад материалыг үйлдвэрлэдэг. Жишээ болгон полиэтентерефталат



буюу териленийг авч үзье. Териленийг карбоксиль болон гидроксидын хоёр функциональ бүлэг бүхий хоёр мономероос поликонденсацаар гарган авна.



Эфирийн холбоо

Терилений макромолекул дахь олон давтагдсан–CO–O–холбоог **полиэфирийн холбоо** гэнэ. Энэ урвалаар бага молекулт нэгдэл H_2O үүснэ.

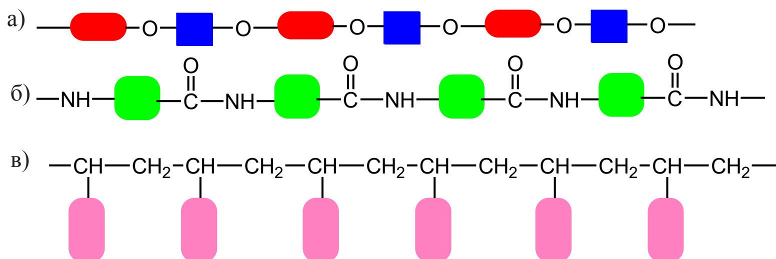
1920 оны эхэн үеэс АНУ-ын ДюПонт компани торго, даавууг орлох материал синтезлэхээр турших эхэлжээ. 1935 онд полиамид болох найлоныг тус компанийн эрдэмтэн В.Х.Каротер анх синтезлэж цэргийн шүхэр, хувцас хийхэд анх ашиглаж байжээ. 1940 онд анхны найлон оймс (шилэн оймс) худалдаанд гарсан ба дөрөвхөн өдрийн дотор 4 сая хос оймс зарагдсан гэдэг.

Найлон оймс худалдан авахаар дараалан зогсож буй хүмүүс, 1940 он.

Полимерийн бүтцэд үндэслэн түүнийг гарган авсан урвалын төрөл (полимержих урвал, поликонденсац)-ийг тогтоож болно. Хэрэв полимерийн бүтцэд –CO–NH–, –CO–O– эсвэл –O– холбоо олон дахин давтагдсан бол поликонденсацаар үүссэн полимер юм. Харин эдгээр холбоо байхгүй бол гол төлөв полимержих урвалаар үүссэн полимер байдаг.

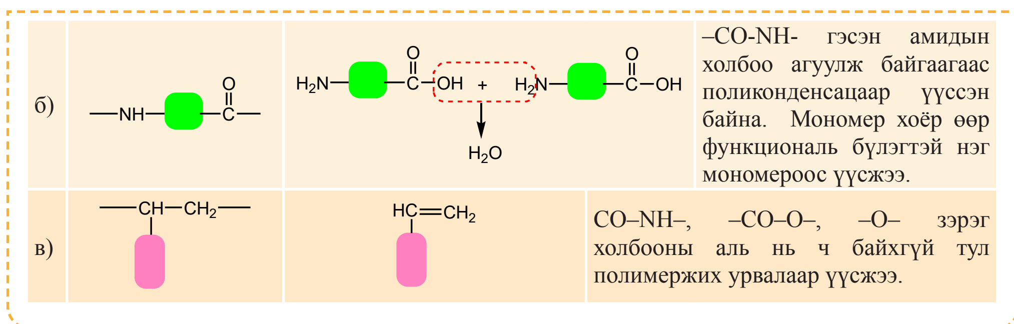
Жишээ дасгал

Дараах полимерийн бүтцийг ажиглан ямар урвалаар үүссэн болохыг тодорхойлж ,мономерийн бүтцийг тогтооно уу.



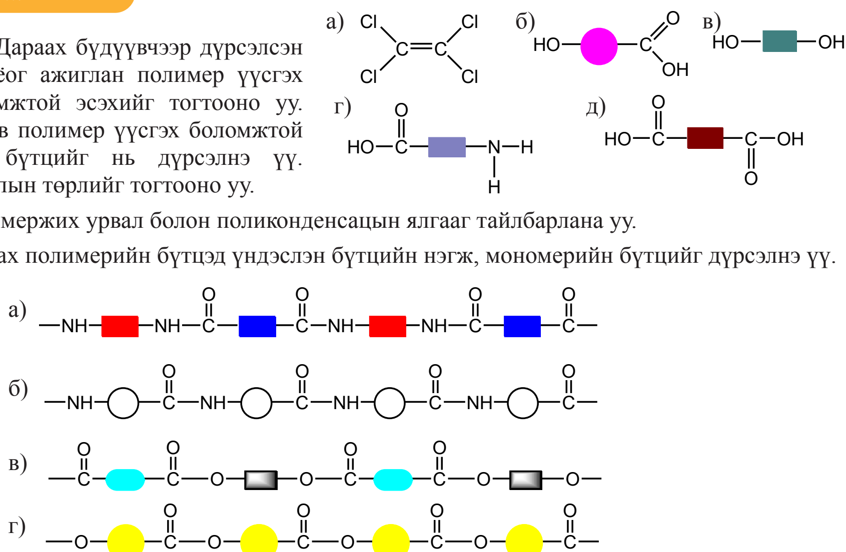
Бодолт:

	Бүтцийн нэгж	Мономер/урвал	Тайлбар
а)	—▬—O—■—O—	HO—▬—OH + HO—■—OH → H_2O	R–OH + R–OH → R–O–R + H_2O энэ урвалаар –O– холбоо үүсдэг тул поликонденсацаар үүссэн байна.



б)	—NH—■—C(=O)—	H_2N—■—C(=O)—OH + H_2N—■—C(=O)—OH → H_2O	–CO-NH- гэсэн амидын холбоо агуулж байгаагаас поликонденсацаар үүссэн байна. Мономер хоёр өөр функциональ бүлэгтэй нэг мономероос үүсжээ.
в)	—CH—CH_2—	HC=CH_2	CO–NH–, –CO–O–, –O– зэрэг холбооны аль нь ч байхгүй тул полимержих урвалаар үүсжээ.

Дасгал



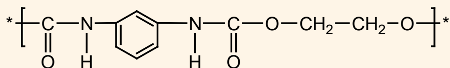
5. Дараах бүдүүвчээр дүрсэлсэн томьёог ажиглан полимер үүсгэх боломжтой эсэхийг тогтооно уу. Хэрэв полимер үүсгэх боломжтой бол бүтцийг нь дүрсэлнэ үү. Урвалын төрлийг тогтооно уу.

6. Полимержих урвал болон поликонденсацын ялгааг тайлбарлана уу.

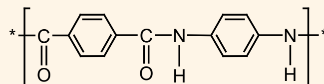
7. Дараах полимерийн бүтцэд үндэслэн бүтцийн нэгж, мономерийн бүтцийг дүрсэлнэ үү.

Поликонденсацаар гарган авдаг найлон, териленээс гадна кевлар, полиуретан гэсэн полимерууд бий. Энэ хоёр полимер нь мөн полиамидын холбоотой. Барилгад өргөн хэрэглэгддэг, шүршдэг, агаарт гарахаараа хөөж томорч хоосон зайг дүүргэдэг хөөсөнцөр бол полиуретан юм. Харин кевлараар хамгаалалтын болон цэрэг дайчдын хувцсыг хийдэг (Зураг 4.6.4).

Полиуретан



Кевлар



Зураг 4.6.4. Поликонденсацаар үүсдэг полимер

Дадлага ажил

Сурагч Та нар бүх хуванцар хаягдлаа (гялгар уут, ундаа усны сав гэх мэт) бүртгэж, жагсаалт гаргаад тусдаа уутанд хийж цуглуулаад долоо хоногийн дараа массыг нь жинлэж үзээрэй. Хэдэн г, эсвэл кг байна вэ? Жагсаалтаа хэлэлцүүлэгтээ ашиглаарай. Жагсаалтан дахь хог хаягдлаа хуванцар усны сав, нэг удаагийн хоолны сав гэх мэт төрлөөр нь ангилж, хаягдлыг дахин ашиглах болон багасгах боломжийн талаар шүүн хэлэлцээрэй.

Дэлхийн хүн ам өсөн нэмэгдэж, техник технологи хөгжихийн хэрээр хүний хэрэглээ өсөх тул зөвхөн байгалийн гаралтай бүтээгдэхүүнээр энэ хэрэгцээг хангах боломжгүй юм. Тиймээс синтезийн полимерийг гарган авч хэрэглэдэг билээ. Синтезийн полимер нь байгалийн полимерийг бодвол эдэлгээ даадаг, хөнгөн, үнэ хямд зэрэг давуу талтай. Гэвч синтезийн полимер байгальд задардаггүй, хог хаягдал болдог тул тэдгээрийг боловсруулж, дахин ашиглах шаардлагатай. Дахин ашиглаж болох хуванцар материалууд дээр тусгай тэмдэг тавьж ялгаж өгдөг. Энэхүү тэмдгийн дотор талд полимерийн төрлийг заасан тоо байдаг (Хүснэгт 4.6.2).

1, 3, 6, 7 гэсэн тэмдэгтэй хуванцар болон гялгар уутанд хүнсний зүйлийг хадгалах, агуулах, ялангуяа халааж болохгүй. Учир нь эдгээр хуванцарыг үйлдвэрлэх түүхий эд, зарим нэмэлт нь халаалтаар задрах эрсдэлтэй. Харин 2, 4, 5 гэсэн тэмдэгтэй хуванцар нь хүнсний зүйл хадгалах зориулалттай байдаг.

Хүснэгт 4.6.2. Хуванцар материалын тэмдэглэгээ

1 PETE Полиэтилен терефталат	2 HDPE Их нягттай полиэтилен	3 PVC Поливинил хлорид	4 LDPE Бага нягттай полиэтилен	5 PP Полипропен	6 PS Полистирол	7 OTHER Бусад хуванцар

Мэдэхэд илүүдэхгүй

Ахуйн өргөн хэрэглээний материалууд байгальд харилцан адилгүй задардаг. Байгалийн гаралтай полимер болох сонингийн цаас (эслэг)-ны байгальд задрах хугацаа 6 долоо хоног байдаг бол синтезийн полимер болох гялгар уут 10-20 жил, найлон 30-40 жил, гутлын резинэн ул 50-80 жил, хүүхдийн живх (памперс) 450 жил, хуванцар аяга 50 жил, ундааны хуванцар сав 450 жил, шил нэг сая жил байдаг (Зураг 4.6.5). Улаанбаатар хотод жилдээ 12 сая тонн ахуйн хог хаягдал гардаг. Үүний 23-36% хүнсний хаягдал, 1-4% даавуу, 13-22% цаас, 14-22% хуванцар, 7% метал, шил 9% ээлдэг.

Зураг 4.6.5. Полимерийн байгальд задрах хугацаа

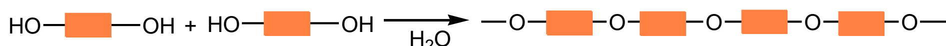
Хуванцар, нийлэг материалууд маш бат бөх, химийн болон бактерийн үйлчлэлд тэсвэртэй тул хог хаягдлыг ихэсгэдэг. Эдгээр хаягдлыг шатаахад нүүрстөрөгч (II)-ийн оксид, устөрөгчийн цианид, устөрөгчийн хлорид зэрэг хортой хий үүсдэг. Хуванцар янз бүрийн бүтэц, шинж чанартай тул өөр өөр боловсруулалт хийж дахин хэрэглэдэг. Тиймээс хогийг ангилж хаях нь дараагийн боловсруулалтыг хөнгөвчилдөг.

Синтезийн болон байгалийн полимерүүдийг дангаар нь хэрэглэхээс гадна холимог байдлаар өргөн хэрэглэдэг. Тухайлбал: байгалийн полимер болон эслэгийг химийн аргаар боловсруулж мяндас үйлдвэрлэдэг байна.

Байгалийн полимер

Байгалийн полимер нь бидний эргэн тойронд байдаг, хүний гараар бус байгаль өөрөө бүтээсэн макро молекулт нэгдлүүд юм. Жишээлбэл: мах, сүү, арьс, үс зэргийн бүрэлдэхүүнд уураг, харин гурил, төмсөнд цардуул хэмээх байгалийн полимерийг ихээр агуулагддаг. Бидний хэрэглэдэг хүнсний найрлагыг эдгээр байгалийн макромолекулт нэгдлүүд бүрдүүлдэг. Хүний биед задарч энерги ялгаруулдаг тул хүнсний найрлага дахь уураг, нүүрс ус, өөх тосыг **шим тэжээлийн бодис** гэнэ.

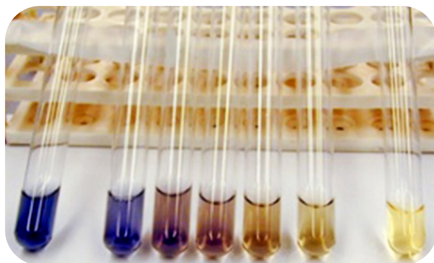
Нүүрс ус. Хоол хүнсний үндсэн найрлагыг бүрдүүлдэг, гурил будаанд ихээр агуулагддаг нүүрс ус бол цардуул юм. Цардуул нь фотосинтезийн нөлөөгөөр ургамалд үүсэж бий болдог бөгөөд хоол хүнсээр дамжин хүний биед ордог. Түүний мономерийг глюкоз гэх ба $C_6H_{12}O_6$ гэсэн молекул томьёотой. Энэхүү мономер нь олон тооны –OH функциональ бүлэгтэй. Цардуулын молекул нь поликонденсацаар үүсэх ба ус ялгардаг:



Цардуул хүний шүлсэнд байдаг амилаза гэдэг энзим (биокатализатор)-ийн нөлөөгөөр задарч мономерийг үүсгэдэг. Энэ урвалыг **цардуулын гидролиз** гэнэ. Цардуулыг иодтой харилцан үйлчлэн хөх өнгийн нэгдэл үүсгэдэг урвалаар таньж тогтоодог. Хөх өнгө тодрох тусам цардуулын агуулга их байгааг илтгэдэг.

Туршилт

Цардуулын гидролиз. Цардуулын гидролизийг судлахын тулд 1-ээс 9 хүртэл дугаарласан хуруу шилэнд цардуулын уусмал авч, дээр нь давсны хүчил, NaOH, энзимийн уусмал (шүлс)-аас хүснэгтэд тэмдэглэсний дагуу нэмнэ. Урвалыг тасалгааны температур, мөсөн банн болон спиртэн дэн дээр халаах замаар явуулж, гидролизийн хурдад үзүүлэх температур болон орчны нөлөөг судална. Урвалыг явуулсны дараа иодын уусмал нэмж, цардуулын гидролиз явагдсан эсэхийг шалгана.



1. Аль хуруу шилтэй уусмал хамгийн тод, хамгийн бүдэг өнгөтэй байна вэ?
2. Гидролизийн хурдад температур хэрхэн нөлөөлж байна вэ? Мөргөлдөлтийн онолоор тайлбарлана уу.
4. Ямар нөхцөлийг сонговол гидролиз хамгийн хурдан явагдаж байна вэ? Яагаад?

Урвалын нөхцөл	Тасалгааны температур	Мөсөн банн	Халаалттай
Энзим	1	2	3
Энзим + HCl	4	5	6
Энзим + NaOH	7	8	9

Дасгал

8. Этанол цардуулын мономертой адил –OH бүлэг агуулдаг. Этанол полимер үүсгэх боломжтой юу? Яагаад?
9. Дараах бүдүүвчийн дагуу урвал явагдсан бол A, B, C нэгдлийг тогтооно уу.

$$\text{Цардуул} \xrightarrow{\text{гидролиз}} \text{мономер A} \xrightarrow[CO_2]{\text{исгэгч, 37°C}} B_{(\text{сул})} \xrightarrow[H_2O]{t°,\ [O]} C_{(\text{сул})}$$

Уураг. Амьд биеийн найрлагад ордог, хоол хүнсний шим тэжээлийн бодисын нэг бол байгалийн полимер болох уураг юм. Түүний мономер нь амин хүчил бөгөөд хорин өөр амин хүчил байдаг. Уургийн мономер амин хүчил нь –COOH ба $–NH_2$ гэсэн хос функциональ бүлэгтэй тул уураг найлонтой адил полиамидын холбоогоор холбогддог.

H–N(H)–▶–C(=O)–OH + H–N(H)–▶–C(=O)–OH + H–N(H)–▶–C(=O)–OH ⟶ –▶–C(=O)–N(H)–▶–C(=O)–N(H)–▶–C(=O)–N(H)–▶–C(=O)–N(H)–▶

Амидын холбоо

Хүний үсэн дэх кератин, арьс, шүд, ясан дахь коллаген, цусан дахь гемоглобин, инсулин, өндөгний альбумин, сүүний казейн, гурилын глутен зэрэг бүгд уураг юм. Уураг нь цардуулын нэгэн адил гидролизод орж мономер болох амин хүчлүүдээ үүсгэдэг. Уургийн бүрэлдэхүүн болох амин хүчлийг хроматографын аргаар тодорхойлох боломжтой. Үүний тулд 6 М концентрацтай давсны хүчлийн уусмалаар гидролизод оруулж амин хүчлүүдэд нь салгаад нингидрин ашиглан хроматографын аргаар тогтоодог (Зураг 4.6.6).

Зураг 4.6.6 Амин хүчлийн хроматограмм

Өөх тос. Амьд организмын үндсэн бүрэлдэхүүний нэг нь өөх тос билээ. Өөх тос глицерин ба тосны хүчлийн эфирийн холбоо бүхий байгалийн макромолекулт нэгдэл юм.

Глицериний –OH бүлэг ба тосны хүчлийн карбоксил бүлгээс ус ялгарч эфирийн холбоо үүсэж байгаа нь терилений молекул үүсэхтэй ижил юм. Өөх тос нь уураг, цардуултай харьцуулахад жижиг молекултай. Өөх тосны шүлтийн гидролизийг саван гаргаж авахад ашигладаг.

3 × (–OH + HO–C(=O)–) ⟶ 3 × (–O–C(=O)–) + $3H_2O$

Эфирийн холбоо

3 × (–O–C(=O)–) + 3NaOH ⟶ 3 × (–OH) + 3 × (NaO–C(=O)–)

Саван

Саван гарган авах гидролизод ихэвчлэн натрийн гидроксидыг ашигладаг. Калийн гидроксидыг ашиглавал шингэн саван гарган авч болдог.

Дасгал

10. Уураг, нүүрс ус, өөх тосоор баялаг хүнсний бүтээгдэхүүнийг нэрлэнэ үү.
11. Байгалийн полимер болох ноолуур (уураг), синтезийн полимер болох найлоны ялгаатай болон төсөөтэй шинжийг харьцуулна уу.

Дадлага ажил

2. Хүн эрүүл амьдрахын тулд зохистой харьцаа бүхий уураг, нүүрс ус, өөх тосыг хоол хүнсээр дамжуулан авч байх учиртай. Нийгмийн эрүүл мэндийн байгууллагаас Монгол хүний эрүүл хооллох зөвлөмжийг гаргажээ (Зураг 4.6.7).

Бүх хүнсний шошгон дээр тэдгээрийн агуулга бичигдсэн байдаг. Өөрийн хоногт идсэн хүнсийг жагсаан эрүүл зохистой хооллолтын зөвлөмжийг ашиглан зөв хооллож байгаа эсэхээ шүүн ярилцаарай.

Гэр зөвлөмж нь бидэнд зохистой хооллолтын энгийн гурван нууцыг нээж өгөх болно.

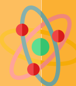
- Нэр төрөл олон байх – хүнсний бүтээгдэхүүний 5 бүлгээс аль болох олон нэр төрлийн хүнс хэрэглэх
- Тохируулан хэрэглэх – өөх тос, элсэн чихэр, давсыг бага хэрэглэх
- Зохистой харьцаатай байх – өдөр бүр хүнсний бүтээгдэхүүний 5 бүлэг тус бүрээс өөрийнхөө шим тэжээлийн бодис ба илчлэгийн хэрэгцээнд тохирсон хэмжээтэй хэрэглэнэ.

Санаж явцгаая!
Гэр зөвлөмж дөрвөөс дээш насны хүнд зориулагдсан болно. Жирэмсэн эмэгтэй ба хөхүүл эхчүүд илүү их хоол тэжээл хэрэглэвэл зохино.

Зураг 4.6.7. Эрүүл, зохистой хооллох гэр зөвлөмж

Дэд бүлгийн дүгнэлт

- Жижиг молекулт нэгдлүүд өөр хоорондоо олон дахин давтагдаж үүссэн макромолекулт нэгдлийг полимер гэдэг.
- Хоёрлосон холбоотой мономерууд өөр хоорондоо нэгдэж үүсвэл полимержих урвал, харин мономерийн хоёрлосон холбоо тасрахгүй ч дундаас ус зэрэг бага молекулт нэгдлүүд дагалдаж үүсдэг бол поликонденсацаар үүссэн полимер болно.
- Уураг, нүүрс ус нь байгалийн полимер, найлон, терилен нь синтезийн, өөх тос нь байгалийн макромолекулт нэгдэл юм.



ӨӨРИЙГӨӨ ҮНЭЛЭЭРЭЙ

Нэг сонголтот даалгавар

1. Аль урвалын тэгшитгэл үйлдвэрийн крекинг үзэгдлийг илэрхийлсэн бэ?
   А. $CH_3(CH_2)_6CH_2OH \rightarrow CH_3(CH_2)_5CH = CH_2 + H_2O$
   Б. $CH_3(CH_2)_6CH_3 \rightarrow CH_3C(CH_3)_2CH_2CH(CH_3)_2$
   В. $CH_3(CH_2)_6CH_3 \rightarrow CH_3(CH_2)_4CH_3 + CH_2 = CH_2$
   Г. $4CH_2 = CH_2 \rightarrow (–CH_2CH_2–)_4$
2. Эдгээрээс аль нь этанолыг ферментацаар гарган авах урвал вэ?
   А. $CH_3CHO \xrightarrow{[H]} CH_3CH_2OH$ Б. $CH_3CH_3 \xrightarrow{[O]} CH_3CHOH$
   В. $CH_2{=}CH_2 + H_2O \rightarrow CH_3CH_2OH$ Г. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$
3. $CH_3{-}CH_2{-}CH(CH_3){-}CH(CH_3)(OH)$ нэгдлийг нэрлэнэ үү.
   А. 3-метилпентан-2-ол Б. 3-этилбутан-2-ол
   В. 3-метилпентан-4-ол Г. 2-этилбутан-3-ол
4. Дараах процессуудаас аль нь ферментац биш вэ?
   А. Дарс исгэх Б. Монгол архи нэрэх
   В. Тараг бүрэх Г. Хоормог хийх
5. $C_5H_{10}O_2$ томьёотой карбон хүчил байгууллын ямар изомер үүсгэх вэ?
   I. Байрлалын II. Салбарлалтын III. Функциональ бүлгийн
   А. I ба II Б. II ба III В. I ба III Г. I, II, III
6. Өгөгдсөн карбон хүчлийг нэрлэнэ үү.
   $CH_3{-}CH(CH_3){-}C({=}O){-}O{-}H$
   А. 1-метилпропаны хүчил
   Б. 2-метилпропаны хүчил
   В. Бутаны хүчил
   Г. Пропаны хүчил
7. Өгөгдсөн полимер нь ямар мономероос үүссэн бэ?
   $—CF_2—CF_2—CF_2—CF_2—CF_2—CF_2—CF_2—CF_2—$
   А. $F_2HC–CHF_2$
   Б. $F_2C{=}CF_2$
   В. $CH_2{=}CH_2$
   Г. $CF{\equiv}CF$
8. Аль нь синтезийн полимер вэ?
   А. Ноос Б. Мах В. Хуванцар Г. Үс

Богино хариулттай бичгийн даалгавар

1. Алкан ба алкений томьёо, нэр, шинж чанар өгчээ.
   а) Мэдээллийг алкан, алкенд харгалзах байдлаар нь ялгана уу. [1]
   б) Алкан, алкений бүтэц байгууллын ялгаа нь химийн идэвхэд нөлөөлөх үү? [1]
   в) Бромын усны өнгийг аль нэгдлүүд өөрчлөхгүй вэ? [2]
2. $KMnO_4$ болон $K_2Cr_2O_7$-аар этанолын исэлдэх урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү. [2]
3. Цардуул ямар урвалаар үүссэн полимер вэ? [2]
4. Полипропений бүтцийн нэгжийг дүрсэлнэ үү. [1]
5. Терилений үүсэх поликонденсацын тэгшитгэлийг дүрсэлнэ үү. [1]
6. Этаны хүчил нь сул хүчиллэг шинжтэй. Шалтгааныг тайлбарлана уу. [1]
7. Метаны хүчил натрийн гидроксидтой урвалд орох уу? Тийм бол урвалын тэгшитгэлийг бичиж нэрлээрэй. [2]

1. Бромын усны өнгийг арилгана
2. C_3H_6
3. C_2H_4
4. $H_2C{=}CH_2$
5. CH_4 (H–C–H, H дээр ба доор)
6. C_3H_8
7. Ханаагүй
8. Бромын усанд улбар шар өнгөтэй
9. $H_3C{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$
10. Пропен
11. Ханасан
12. Этан
13. C_2H_6
14. Бутен
15. $H_3C{-}CH{=}CH_2$
16. Метан

Бичгийн даалгавар

1. Газрын тосны хийн түлш нь гол төлөв пропан ба бутаны холимог байдлаар хэрэглэгддэг.
   а) C_3H_8, C_4H_{10} адил талыг тодорхойлсон зөв хариултыг тэмдэглэнэ үү. [1]

Адил тал	Зөв (✓)	Адил тал	Зөв (✓)
Химийн шинж чанар		Физикийн шинж чанар	
Молекулын томьёо		Молекул масс	
Ерөнхий томьёо		Химийн холбооны төрөл	
Изомерийн тоо		Гарган авах арга	

   б) Яагаад бутан (-1°C) пропан (-42°C)-аас өндөр температурт буцалдаг вэ? [2]
   в) Усыг 10°C-аар халаахад 25 кг газрын тосны хийн түлшний холимог зарцуулагддаг бол усны температурыг 30°C хүртэл нэмэгдүүлэхэд зарцуулагдах энергийг кЖ-аар тооцоолно уу. [2]

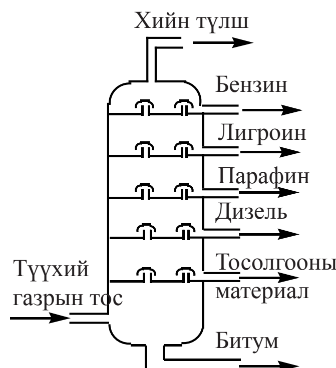
Нийт 5 оноо

2. Бутан-1-ол нь -89°C температурт хайлж, 118°C температурт буцалдаг өнгөгүй шингэн спирт.
   а) Бүтцийг нь хураангуй, дэлгэмэл томьёо, цэг-хэрээс диаграммаар дүрсэлнэ үү. [1]
   б) Бүх изомерийн бүтцийг дүрсэлж нэрлэнэ үү. Изомеруудийг ангилна уу. [2]
   г) Калийн хроматаар исэлдэх урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү. [1]
   д) Гидратацийн урвалаар гарган авах урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү. [1]

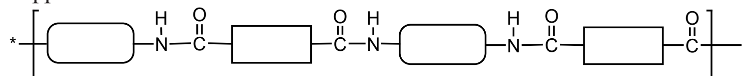
Нийт 5 оноо

3. Зурагт түүхий тосыг цэвэршүүлсэн нэрлэгийн фракцуудыг харуулжээ.
   а) Нэрлэгийн хамгийн өндөр температурт бүтээгдэхүүн гарч буй хэсгийг цамхаг дээр хэрээсээр тэмдэглэнэ үү. [1]
   б) Нэрлэгийн фракцын буцлах температурын зүй тогтлыг тогтоож, цамхагийн дагуу сумаар үзүүлнэ үү. [1]
   в) Бензин ба дизелийн фракцын аль нь дөл авалцах чадвар өндөртэй вэ? Яагаад? [1]
   г) $C_{16}H_{34} \rightarrow C_5H_{12} + C_{11}H_{22}$ гэсэн урвалаар ямар фракц крекингэд орж, ямар бүтээгдэхүүнүүд үүссэн бэ? [1]

Нийт 4 оноо



4. Полимерийн бүтцийг ажиглан дараах даалгавруудыг хийж гүйцэтгэнэ үү.



   а) Ямар мономероос үүссэн байна вэ? Бүтцийг нь дүрсэлнэ үү. [2]
   б) Ямар урвалаар гарган авсан полимер байна вэ? [1]
   в) –NH–CO–холбоог юу гэж нэрлэдэг вэ? [1]

Нийт 4 оноо

5. $CH_2=CHCH_3$ нэгдлийн бүтцийг ажиглан дараах даалгаврыг хийж гүйцэтгэнэ үү.
   а) Үүсэх полимерийн бүтцийг дүрсэлж нэрлэнэ үү. [2]
   б) Ямар урвалаар гарган авах вэ? Урвалын тэгшитгэлийг бичнэ үү. [2]
   в) Бүтцийн нэгжийг дүрсэлнэ үү. [1]

Нийт 5 оноо

6. $C_5H_{10}O_2$ гэсэн ерөнхий томьёотой органик нэгдэл өгчээ.
   а) Нүүрстөрөгч, устөрөгч, хүчилтөрөгчийн массын хувийг тооцоолно уу. [3]
   б) Салбарлалтын, функциональ бүлгийн изомерыг бичиж нэрлэнэ үү. [2]
   в) Этанолын 0.2 моль·л$^{-1}$концентрацтай 5 мл уусмалыг пропаны хүчлийн 0.5 моль·л$^{-1}$ концентрацтай 10 мл уусмалтай хольж 2 дусал концентрацтай хүхрийн хүчил нэмжээ. Үүссэн нийлмэл эфирийн массыг олно уу. [3]

Нийт 8 оноо

ӨӨРИЙГӨӨ ҮНЭЛЭЭРЭЙ ТЕСТИЙН ХАРИУ

Бүлэг	Даалгавар										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
I	Г	Б	А	А	А	А	Г	В	Г	Г	Г
II	В	В	Б	Б	Г	А	Г	Б	Г	А	
III	В	В	А	В	Б	Б	Г	В	Б	Б	
IV	В	Г	А	Б	Б	Б	Б	В			

БОГИНО ХАРИУЛТТАЙ БИЧГИЙН ДААЛГАВАРЫН ХАРИУ

I бүлэг. Химийн судалгааны арга.

1. 0.03 моль, 0.88 г, 0.78 $дм^3$
2. а) Ижил, б) Ялгаатай.
3. Уусах чанар их, адсорбцлах чанар бага
4. Уусдаг: $NaCl$, $Zn(NO_3)_2$, $Fe_2(SO_4)_3$, K_2SO_4,
Уусдаггүй: $PbSO_4$, $CaCO_3$, $AgCl$
5. а) Тунадасжих. $Pb(NO_3)_2 + Na_2CrO_4$, б) Оксидыг хүчлээр үйлчлэх. $CuO + HCl$,
в) Титрлэх. $KOH + HNO_3$, г) Карбонатыг хүчлээр үйлчлэх. $CaCO_3 + HNO_3$
6. А. $Al_2(SO_4)_3$, Б. KBr, В. $SrCl_2$, Г. $FeSO_4$

II бүлэг. Химийн урвал

1. а) 0.0025, б) 0.0025, в) 0.05 **3.** Ялгаатай. **4.** Ag, Cu, Харин Ca ангижрах урвалд орохгүй. **5**. а) Тэнцвэр тогтсоны дараа бром 1.0 моль, $C_2H_4Br_2$ 1.5 моль байна, б) 60% гарцтай.

III бүлэг. Органик биш бодис, шинж чанар

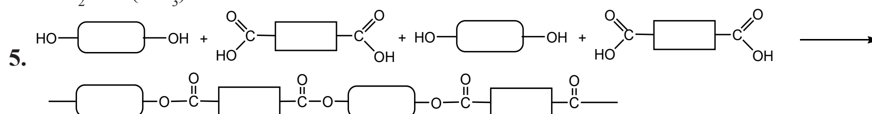
1. а) $Al \rightarrow Mg \rightarrow Ba \rightarrow Li$, б)

Уусмал	Al	Ba	Li	Mg
Хөнгөнцагааны нитрат		✓	✓	✓
Барийн нитрат	×		✓	×
Литийн нитрат	×	×		×
Магнийн нитрат	×	✓	✓	

2. а) Алт химийн идэвх муутай, шар гялтганасан өнгөтэй, зөөлөн, давтагдах чанартай, коррозод ордоггүй, б) Алтны талст оронт торын зангилаан дээрх алтны ионы оронд ялгаатай радиус бүхий атом орж ирснээр үелсэн бүтэц алдагдаж, гадны үйлчлэлд үзүүлэх нөлөөг бууруулдагтай холбоотой.
3. 2.48 л, **4.** 75%. **5.** Шохойн чулуу нь суурилаг орчинтой учраас хүчиллэг хөрс, усыг саармагжуулдаг.
6. Болохгүй. Спиртэн дэнгийн дөлний температур кальцийн карбонатыг задлах хэмжээний хангалттай температургүй. **7.** 1.64 т

IV бүлэг. Органик бодис, шинж чанар

1. а) Алкан: 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 16. Алкен: 1, 2, 3, 4, 7, 10, 14, 15.
б) Алкан дан холбоотой, алкен хоёрлосон холбоотой тул нөлөөлнө,
в) Алканууд
2. $3C_2H_5OH + 2K_2Cr_2O_7 + 8H_2SO_4 \rightarrow 2Cr_2(SO_4)_3 + 3CH_3COOH + 2K_2SO_4 + 11H_2O$
$3C_2H_5OH + 4KMnO_4 \rightarrow 3CH_3COOK + 4MnO_2 + KOH + 4H_2O$
3. Поликонденсацаар үүссэн полимер
4. $–CH_2–CH(CH_3)–$
5.



6. Усан уусмалдаа этаны хүчлийн молекулын ихэнх нь молекул хэлбэрт, цөөн тооны H^+, CH_3COO^- ион үүсгэн оршдог бөгөөд универсал индикаторт улаан өнгө өгдөг тул сул хүчиллэг юм.
7. $HCOOH + NaOH \rightarrow HCOONa + H_2O$

ХИМИЙН ЭЛЕМЕНТИЙН ҮЕЛЭХ ХҮСНЭГТ

Шүлтийн металлууд	Инертийн хий
Газрын шүлтийн металлууд	Олон атомт металл бишүүд
Шилжилтийн металлууд	Хоёр атомт металл бишүүд
Лантанойдууд	Хоёр атомт металл бишүүд
Актинойдууд	Металлойд
Шилжилтийн дараах металлууд	Судлагдаагүй элементүүд

14 IVA } Бүлгийн дугаар
Дэс дугаар: 6
Харьцангуй атом масс: 12.011
Элементийн химийн тэмдэг: C
Элементийн өнгө
Энергийн түвшин дэх электроны тоо: 2, 4
Исэлдэхүйн хэм: -4 +2 +4
Химийн элементийн нэр: Нүүрс төрөгч
Үеийн дугаар: 1
Нээгдсэн он: (эртний)

Хий · Шингэн · Хатуу

Үе	1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIIIB	9 VIIIB	10 VIIIB	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1	1 H 1.008 Устөрөгч (1766) -1 +1 1																	2 He 4.003 Гели (1895) 0 2
2	3 Li 6.941 Лити (1817) +1 2 1	4 Be 9.012 Берилли (1798) +2 2 2											5 B 10.811 Бор (1808) +3 2 3	6 C 12.011 Нүүрс төрөгч (эртний) -4 +2 +4 2 4	7 N 14.007 Азот (1772) -3 +1 +2 +3 +4 +5 2 5	8 O 15.999 Хүчил төрөгч (1774) -2 2 6	9 F 18.998 Фтор (1886) -1 2 7	10 Ne 20.180 Неон (1898) 0 2 8
3	11 Na 22.990 Натри (1807) +1 2 8 1	12 Mg 24.305 Магни (1755) +2 2 8 2											13 Al 26.982 Хөнгөн цагаан (1825) +3 2 8 3	14 Si 28.085 Цахиур (1824) -4 +2 +4 2 8 4	15 P 30.974 Фосфор (1669) -3 +3 +5 2 8 5	16 S 32.065 Хүхэр (эртний) -2 +4 +6 2 8 6	17 Cl 35.453 Хлор (1774) -1 +1 +3 +5 +7 2 8 7	18 Ar 39.948 Аргон (1894) 0 2 8 8
4	19 K 39.098 Кали (1807) +1 2 8 8 1	20 Ca 40.078 Кальци (1808) +2 2 8 8 2	21 Sc 44.956 Сканди (1879) +3 2 8 9 2	22 Ti 47.867 Титан (1791) +2 +3 +4 2 8 10 2	23 V 50.942 Ванади (1801) +2 +3 +4 +5 2 8 11 2	24 Cr 51.996 Хром (1797) +2 +3 +6 2 8 13 1	25 Mn 54.938 Манган (1774) +2 +3 +4 +6 +7 2 8 13 2	26 Fe 55.845 Төмөр (эртний) +2 +3 2 8 14 2	27 Co 58.932 Кобальт (1735) +2 +3 2 8 15 2	28 Ni 58.693 Никель (1751) +2 +3 2 8 16 2	29 Cu 63.546 Зэс (эртний) +1 +2 2 8 18 1	30 Zn 65.409 Цайр (эртний) +2 2 8 18 2	31 Ga 69.723 Галли (1875) +3 2 8 18 3	32 Ge 72.640 Германи (1886) -4 +4 2 8 18 4	33 As 74.922 Арсени (эртний) -3 +3 +5 2 8 18 5	34 Se 78.971 Селен (1817) -2 +4 +6 2 8 18 6	35 Br 79.904 Бром (1826) -1 +1 +5 2 8 18 7	36 Kr 83.798 Криптон (1898) +1 +2 2 8 18 8
5	37 Rb 85.468 Рубиди (1861) +1 2 8 18 8 1	38 Sr 87.620 Стронци (1790) +2 2 8 18 8 2	39 Y 88.905 Иттри (1789) +3 2 8 18 9 2	40 Zr 91.224 Циркони (1789) +4 2 8 18 10 2	41 Nb 92.906 Ниоби (1801) +3 +5 2 8 18 12 1	42 Mo 95.940 Молибден (1778) +2 +3 +4 +5 +6 2 8 18 13 1	43 Tc (98) Технеци (1937) +4 +7 2 8 18 13 2	44 Ru 101.070 Рутени (1844) +3 +4 +6 +8 2 8 18 15 1	45 Rh 102.906 Роди (1803) +2 +3 +4 2 8 18 16 1	46 Pd 106.420 Паллади (1803) +2 +4 2 8 18 18 0	47 Ag 107.868 Мөнгө (эртний) +1 2 8 18 18 1	48 Cd 112.411 Кадми (1817) +2 2 8 18 18 2	49 In 114.818 Инди (1863) +3 2 8 18 18 3	50 Sn 118.711 Цагаан тугалга (эртний) +3 +4 2 8 18 18 4	51 Sb 121.760 Сурьма (эртний) -3 +3 +5 2 8 18 18 5	52 Te 127.600 Теллур (1782) -2 +4 +6 2 8 18 18 6	53 I 126.904 Иод (1811) -1 +1 +3 +5 +7 2 8 18 18 7	54 Xe 131.294 Ксенон (1898) +2 +4 +6 2 8 18 18 8
6	55 Cs 132.905 Цези (1860) +1 2 8 18 18 8 1	56 Ba 137.327 Бари (1808) +2 2 8 18 18 8 2	Лантанойдууд	72 Hf 178.490 Гафни (1923) +4 2 8 18 32 10 2	73 Ta 180.948 Тантал (1802) +5 2 8 18 32 11 2	74 W 183.840 Вольфрам (1783) +2 +3 +4 +5 +6 2 8 18 32 12 2	75 Re 186.207 Рени (1925) +4 +6 +7 2 8 18 32 13 2	76 Os 190.230 Осми (1803) +2 +3 +4 +6 +8 2 8 18 32 14 2	77 Ir 192.217 Ириди (1803) +2 +3 +4 2 8 18 32 15 2	78 Pt 195.085 Платин (1735) +2 +4 2 8 18 32 17 1	79 Au 196.967 Алт (эртний) +1 +3 2 8 18 32 18 1	80 Hg 200.590 Мөнгөн ус (1766) +1 +2 2 8 18 32 18 2	81 Tl 204.383 Талли (1861) +1 +3 2 8 18 32 18 3	82 Pb 207.200 Хар тугалга (эртний) +2 +4 2 8 18 32 18 4	83 Bi 208.980 Висмут (1400) +3 +5 2 8 18 32 18 5	84 Po (209) Полони (1898) -2 +4 +6 2 8 18 32 18 6	85 At (210) Астат (1940) -1 +1 2 8 18 32 18 7	86 Rn (222) Радон (1900) +2 +6 2 8 18 32 18 8
7	87 Fr (223) Франци (1939) +1 2 8 18 32 18 8 1	88 Ra (226) Ради (1898) +2 2 8 18 32 18 8 2	Актинойдууд	104 Rf (261) Резерфорди (1984) 2 8 18 32 32 10 2	105 Db (262) Дубни (1964) 2 8 18 32 32 11 2	106 Sg (263) Сиборги (1974) 2 8 18 32 32 12 2	107 Bh (262) Бори (1981) 2 8 18 32 32 13 2	108 Hs (269) Хасси (1984) 2 8 18 32 32 14 2	109 Mt (266) Мейтнери (1982) 2 8 18 32 32 15 2	110 Ds (281) Дармштадти (1994) 2 8 18 32 32 17 1	111 Rg (272) Рентгени (1994) 2 8 18 32 32 17 2	112 Cn (285) Коперници (1996) 2 8 18 32 32 18 2	113 Nh (286) Нихони (2004) 2 8 18 32 32 18 3	114 Fl (289) Флерови (1998) 2 8 18 32 32 18 4	115 Mc (290) Москови (2004) 2 8 18 32 32 18 5	116 Lv (293) Ливермори (2004) 2 8 18 32 32 18 6	117 Ts (294) Теннесин (2010) 2 8 18 32 32 18 7	118 Og (294) Оганессон (2006) 2 8 18 32 32 18 8

Лантанойдууд	57 La 138.906 Лантан (1839) +3 2 8 18 18 9 2	58 Ce 140.116 Цери (1803) +3 +4 2 8 18 19 9 2	59 Pr 140.908 Празеодим (1885) +3 +1 2 8 18 21 8 2	60 Nd 144.240 Ниодим (1885) +3 2 8 18 22 8 2	61 Pm (145) Промети (1945) +3 2 8 18 23 8 2	62 Sm 150.360 Самари (1879) +2 +3 2 8 18 24 8 2	63 Eu 151.964 Европи (1901) +2 +3 2 8 18 25 8 2	64 Gd 157.250 Гадолини (1880) +3 2 8 18 25 9 2	65 Tb 158.925 Терби (1843) +3 2 8 18 27 8 2	66 Dy 162.500 Диспрози (1886) +3 2 8 18 28 8 2	67 Ho 164.930 Гольми (1878) +3 2 8 18 29 8 2	68 Er 167.259 Эрби (1842) +3 2 8 18 30 8 2	69 Tm 168.934 Тули (1879) +3 2 8 18 31 8 2	70 Yb 173.400 Иттерби (1878) +2 +3 2 8 18 32 8 2	71 Lu 174.967 Лютеци (1907) +3 2 8 18 32 9 2
Актинойдууд	89 Ac (227) Актини (1899) +3 2 8 18 32 18 9 2	90 Th 232.038 Тори (1829) +4 2 8 18 32 18 10 2	91 Pa 231.036 Протактини (1913) +4 +5 2 8 18 32 20 9 2	92 U 238.029 Уран (1789) +4 +5 +6 2 8 18 32 21 9 2	93 Np (237) Нептуни (1940) +3 +4 +5 +6 2 8 18 32 22 9 2	94 Pu (244) Плутони (1940) +3 +4 +5 +6 2 8 18 32 24 8 2	95 Am (243) Америци (1944) +3 +4 +5 +6 2 8 18 32 25 8 2	96 Cm (247) Кюри (1944) +3 2 8 18 32 25 9 2	97 Bk (247) Беркли (1949) +3 2 8 18 32 26 9 2	98 Cf (251) Калифорни (1950) +3 2 8 18 32 28 8 2	99 Es (252) Эйнштэйни (1952) 0 +3 2 8 18 32 29 8 2	100 Fm (257) Ферми (1952) +3 2 8 18 32 30 8 2	101 Md (258) Менделееви (1955) +3 2 8 18 32 31 8 2	102 No (259) Нобели (1958) +3 2 8 18 32 32 8 2	103 Lr (262) Лоуренци (1961) +3 2 8 18 32 32 9 2